

LUCÉLIO CÉSAR SABE FRANCO

AVALIAÇÃO DO TEODOLITO ASTRONÔMICO-GEODÉSICO ZEISS-JENA THEO 002
NAS DETERMINAÇÕES ASTRONÔMICAS DE ALTA PRECISÃO POR MEIO DE MÉTODOS
SIMPLIFICADOS.

Dissertação apresentada ao Curso
de Pós-Graduação em Ciências
Geodésicas para a obtenção
do Grau de Mestre em Ciências
pela Universidade Federal do
Paraná.

CURITIBA

Agosto/1986

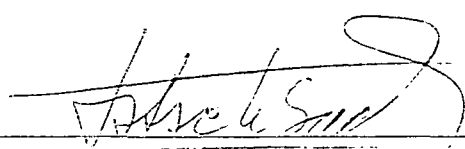
AVALIAÇÃO DO TEODOLITO ASTRONÔMICO-GEODÉSICO ZEISS-JENA THEO 002
NAS DETERMINAÇÕES ASTRONÔMICAS DE ALTA PRECISÃO POR MEIO DE MÉTODOS SIMPLIFICADOS.

por

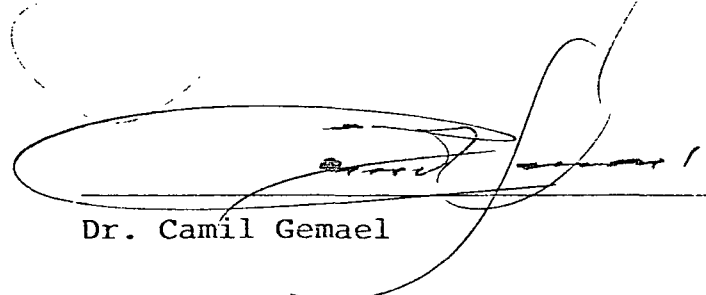
LUCÉLIO CÉSAR SABE FRANCO, Engenheiro Cartógrafo

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do
Grau de Mestre em Ciências no Curso de Pós-Graduação em Ciências
Geodésicas da Universidade Federal do Paraná.

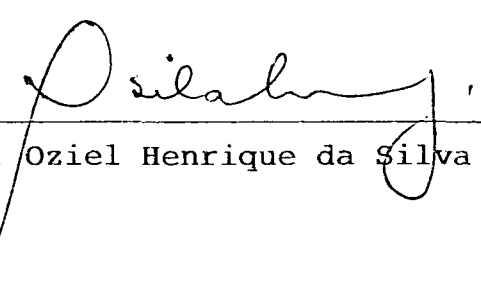
BANCA EXAMINADORA:



M. Sc. Fernando Hatschbach - orientador



Dr. Camil Gemael



M. Sc. Oziel Henrique da Silva Leite

AGRADECIMENTOS

O autor deseja externar seus agradecimentos às pessoas e entidades abaixo relacionadas:

- . Maria das Graças Teixeira Mestriner, pelo caprichoso trabalho de datilografia;
- . Akemi Shimasaki, pelos cuidadosos desenhos;
- . Maria Odete Pimentel Staut, professora do Centro Cultural Brasil-Estados Unidos de Presidente Prudente, pela valiosa ajuda na elaboração do Capítulo 2;
- . Departamento de Geociências da Universidade Federal do Paraná pela cedência dos seguintes instrumentos:
 - . contador de segundo eletrônico digital da Heuer - nº 2.349;
 - . cronômetro à quartzo Golay Chronostat IV - nº 70.028;
 - . cronômetro mecânico Ulysses Nardin - nº 8.776;
 - . cronógrafo Favag - nº 591.109;
 - . régua de cristal - nº 1.016;
- . Diretoria de Geodésia e Cartografia da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, pelo empréstimo do cronógrafo registrador Omega OTR - 6 - nº 131;

. Universidade Estadual Paulista, pela concessão do afastamento integral durante a fase de obtenção dos créditos.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

- . ao Lente M. Sc. Fernando Hatschbach, pelo trabalho de orien
tação desta dissertação;
- . ao amigo Otávio Yassuo Itame, Engenheiro Cartógrafo e Professor
do Departamento de Cartografia da Universidade Estadual
Paulista, pelo valioso auxílio nos trabalhos de campo.

Este trabalho é dedicado com afeição à minha esposa Maria do Socorro, aos nossos filhos Gabriel e Laila e aos meus pais Vicente e Célia, estímulos permanentes aos meus ideais.

SUMÁRIO

TÍTULO	I
BANCA EXAMINADORA	II
AGRADECIMENTOS	III
AGRADECIMENTOS ESPECIAIS	V
DEDICATÓRIA	VI
SUMÁRIO	VII
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XII
SINOPSE	XIII
SYNOPSIS	XIV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Comentários a respeito da latitude astronômica de alta precisão	3
1.2. Comentários a respeito da longitude astronômica de alta precisão	4
1.3. Comentários a respeito do azimute astronômico de al ta precisão	5
1.4. Comentários a respeito do Zeiss-Jenà Theo 002	6
2. O TEODOLITO UNIVERSAL ZEISS-JENA THEO 002	7
2.1. O princípio do Theo 002	7
2.1.1. Telescópio para medidas de ângulos horizontais ...	8
2.1.2. Telescópio para medidas de ângulos verticais	10
2.1.3. Telescópio rastreador	10
2.1.4. Quadro comparativo entre os teodolitos universais de primeira ordem	12

3. DETERMINAÇÃO DA LATITUDE ASTRONÔMICA PELO MÉTODO DE STERNECK	13
3.1. Circunstâncias favoráveis à determinação da latitude	13
3.2. Teoria do método	15
3.3. Análise da influência na latitude do erro em ângulo horário	18
4. DETERMINAÇÃO DA LONGITUDE ASTRONÔMICA PELO MÉTODO DE ZINGER	20
4.1. Circunstâncias favoráveis à determinação da longitu de	20
4.2. Generalidades	20
4.3. Obtenção de E pelo método das alturas iguais de uma mesma estrela	21
4.4. Obtenção de E pelo método de Zinger	23
4.4.1. Teoria do método	23
4.4.2. Dedução simplificada da fórmula aproximada	29
4.4.3. Determinação da longitude por Zinger por meio da hora legal	30
5. DETERMINAÇÃO DO AZIMUTE ASTRONÔMICO PELO MÉTODO DE E STRELA EM ELONGAÇÃO	32
5.1. Circunstâncias favoráveis à determinação do azimuth	32
5.2. Estudo analítico do fenômeno	33
5.3. Teoria do método	35
5.4. Análise da influência no azimuth do erro em ângulo horário	36
6. ELABORAÇÃO DOS PROGRAMAS DE OBSERVAÇÃO E TÉCNICAS DE OPERAÇÃO DOS MÉTODOS	39

6.1. Latitude por Sterneck	40
6.2. Longitude por Zinger	40
6.3. Azimute por estrela em elongação	40
7. LOCAL DA ESTAÇÃO E INSTRUMENTAL UTILIZADO	41
7.1. Local da estação	41
7.2. Instrumental utilizado	41
7.2.1. Nas determinações de terceira ordem	41
7.2.2. Nas determinações de segunda ordem	41
7.2.3. Nas determinações de primeira ordem	42
7.2.4. Catálogos astronômicos utilizados	42
8. RESULTADOS OBTIDOS	43
8.1. Determinação da latitude pelo método de Sterneck	43
8.2. Determinação da longitude pelo método de Zinger	44
8.2.1. Através do contador de segundo (stop watch)	44
8.2.2. Através do micrômetro impessoal e cronógrafo regis trador	45
8.3. Determinação do azimute pelo método de estrela em elongação	47
9. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	49
9.1. Conclusões	49
9.2. Sugestões	51
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
APÊNDICES	57
Apêndice A - Aplicação do Método dos Mínimos Quadrados ao método de Sterneck	58

Apêndice B - Uma nova solução para a determinação simultânea da latitude e longitude de precisão por observações de estrelas em um mesmo almican- tarado	64
Apêndice C - Programas para o cálculo da latitude, longitude e azimuth pelos métodos de Sterneck, Zinger e estrela em elongação respectivamente - Calculadora Hewlett-Packard 34C	69
Apêndice D - Programas para o cálculo dos elementos de cá- lculo para os métodos de Sterneck, Zinger e estrela em elongação - Calculadora Hewlett - Packard 34C	78
Apêndice E - Programas auxiliares - Calculadora Hewlett - Packard 34C	86
Apêndice F - Registros de observações	93
Apêndice G - Determinações auxiliares de terceira e segun- da ordem da estação Ipea II	107
Apêndice H - Aspectos gerais do Zeiss-Jena Theo 002	110
Apêndice I - Fotografias da estação Ipea II com o Zeiss -Jena Theo 002	129

LISTA DE TABELAS

TABELA	PÁGINA
Tabela (2.1.4). Quadro comparativo entre os teodolitos universais de primeira ordem	12
Tabela (8.1). Latitudes obtidas	43
Tabela (8.2.1). Longitudes obtidas através do contador de segundo e cronômetro	44
Tabela (8.2.2). Longitudes obtidas através do micrômetro impessoal e cronógrafo registrador	46
Tabela (8.3). Azimutes obtidos	48

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura (2.1). Sistema ótico do telescópio do Zeiss-Jena Theo 002	9
Figura (3.1). A esfera celeste e um triângulo de posição genérico	13
Figura (3.2). Determinação da latitude astronômica pelo método de Sterneck	15
Figura (4.1). Determinação da longitude astronômica pelo método das alturas iguais de uma mesma estrela	21
Figura (4.2). Determinação da longitude astronômica pelo método de Zinger	23
Figura (5.1). Determinação do azimute astronômico pelo método de estrela em elongação	35

SINOPSE

Neste trabalho procuramos demonstrar que quando dis
pomos de um moderno teodolito astronômico-geodésico, como é o
caso do teodolito Theo 002 da Veb Carl Zeiss-Jena, podemos ob
ter coordenadas astronômicas de alta precisão por meio de mét
odos simplificados.

Os métodos estudados foram:

- . latitude pelo método de Sterneck;
- . longitude pelo método de Zinger;
- . azimuth pelo método de estrela em elongação.

SYNOPSIS

In this paper we try to demonstrate that when we utilize a modern geodetic-astronomical theodolite, such as Veb Carl Zeiss-Jena's theodolite Theo 002, we can obtain high precision astronomical coordinates by simplified methods.

The studied methods were:

- . latitude by Sterneck's method;
- . longitude by Zinger's method;
- . azimuth by star at elongation's method.

1. INTRODUÇÃO

A Astronomia de Posição é o segmento da Astronomia que trata da teoria, uso de instrumentos e métodos que nos permitem, a partir da observação do Sol, da Lua⁽¹⁾, de estrelas ou de qualquer outro corpo celeste, a determinação da posição geográfica de um ponto da superfície da Terra, isto é, a latitude e longitude desse ponto, assim como o azimute de uma direção terrestre previamente estabelecida no terreno. Como bem lembra HOSMER G.L. [17], na Astronomia de Posição apenas efetuamos medições angulares e cronometragens, não nos importando com as distâncias em que os astros se encontram da Terra, com o seu atual movimento no espaço e nem com suas características físicas.

A Astronomia Geodésica, parte da Astronomia de Posição que se dedica as determinações de alta precisão (também denominadas de primeira ordem), possui, segundo ROBBINS, A. R. [28], os seguintes objetivos:

- I. determinação dos pontos de Laplace⁽²⁾;
- II. obtenção da latitude e longitude para determinar o desvio da vertical com os seguintes propósitos:
 1. determinação da separação geóide-esferóide por meio do nivelamento astro-geodésico para:

(1) Métodos de Markowitz, O'Keefe e resseção de duas posições da Lua (consultar HEISKANEN, W.A. & MORITZ, H. [16]).

(2) De acordo com o INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [19], após o espaçamento de 4-6 figuras geodésicas da rede de alta precisão, são determinadas a latitude e longitude astronômicas de um vértice da rede e o azimute astronômico de um lado que daí parte, com o objetivo de controlar o azimute geodésico. A este vértice dá-se o nome de ponto de Laplace.

- a. correta redução ao esferóide de referência de distâncias medidas na superfície da Terra;
- b. prover medidas para o estudo da forma do geóide;
- 2. correção de ângulos horizontais em terreno montanoso ou em locais onde o desvio da vertical seja grande;
- 3. estudo da variação da densidade dentro da crosta da Terra;
- III. obtenção da latitude, longitude e azimuth para origens de levantamentos independentes;
- IV. obtenção de latitudes e longitudes para demarcação de limites e fronteiras.

Apesar dos modernos rastreadores de satélites artificiais e dos teodolitos-giroscópico, lembra-nos HATSCHBACH, F. [14] que no Brasil, país de vasta dimensão e em desenvolvimento, onde a Geodésia Clássica até agora não atingiu todo o território, as determinações astronômicas ainda se revestem de grande importância. Também não podemos nos esquecer que, por enquanto, os métodos astronômicos são os únicos meios eficazes de se fazer o controle azimuthal nas redes geodésicas de alta precisão, viz., método de Black⁽³⁾ e ponto de

(3) O geodesta inglês A.N. Black desenvolveu, na década de 50, um método para a obtenção do azimuth geodésico por observações de estrelas que dispensa a determinação das coordenadas astronômicas.

Laplace⁽⁴⁾.

1.1. COMENTÁRIOS A RESPEITO DA LATITUDE ASTRONÔMICA DE ALTA PRECISÃO

O método de Horrebow-Talcott é considerado o mais preciso processo para a determinação da latitude astronômica de alta precisão, isto porque somente a diferença entre as distâncias zenitais de um par de estrelas é medida, ao invés das distâncias zenitais de cada estrela. Este método foi desenvolvido no século XIX⁽⁵⁾ para contornar a pobreza dos círculos verticais dos instrumentos da época e possui um grande inconveniente: a diferença entre as distâncias zenitais do par de estrelas não pode exceder 20'. Esta injunção exige a utilização do General Catalogue of 33,342 Stars for the Epoch 1950 [05] ou do Star Catalogue. Positions and Proper Motions of 258,997 Stars for the Epoch and Equinox of 1950,0 [30], o que implica nas incômodas e laboriosas reduções ao ano e ao dia, pois estes catálogos fornecem as coordenadas médias para 1950,0. Além disso, ROBBINS, A.R. [28] adverte que estas reduções podem

(4) A Equação de Laplace, cuja dedução é encontrada em HELLO, M.P. de [23], é expressa por:

$$Ag = Aa - \eta \operatorname{tg} \phi a - \eta \operatorname{cotg} Z a \cos Ag + \xi \operatorname{cotg} Z a \operatorname{sen} Ag$$

Considerando que nos desenvolvimentos geodésicos $Za \approx 90^\circ$, a expressão anterior se reduz à sua forma mais conhecida:

$$Ag = Aa - (\lambda a - \lambda g) \operatorname{sen} \phi a$$

Da análise desta expressão, vemos que é numericamente insignificante se utilizamos ϕa ou ϕg . Porém, a latitude astronômica é necessária para o cálculo do desvio da vertical, o que nos permite definir perfis geoidais, tornando desejável a determinação da mesma.

(5) Em 1.732, o geodesta Horrebow teve a idéia de combinar a observação de duas estrelas com culminações em lados opostos do zênite, objetivando a determinação da latitude. Em 1.834, o capitão americano Talcott apresentou a luneta zenital, luneta astronômica de forte aumento com micrômetro ocular para a medida direta da diferença das distâncias zenitais das estrelas do par de Horrebow e dotada de um nível de grande sensibilidade para a correção do erro de verticalismo.

provocar um erro da ordem de até 1" nas declinações das estrelas, o que põe a perder a precisão que se deseja alcançar($\pm 0,15''$). Neste trabalho procuramos determinar com a mesma precisão, por meio de um moderno teodolito universal, uma latitude de alta precisão pelo método de Sterneck, método tradicionalmente utilizado na determinação da latitude astronômica de segunda ordem e extremamente simples quando comparado ao método de Horrebow-Talcott. Dentre as diversas vantagens do método de Sterneck sobre o de Horrebow-Talcott, podemos destacar quatro:

1. utilização do Apparent Places of Fundamental Stars [01] ou do Anuário Astronômico [18] ou das Efemérides Astronômicas [27] na elaboração do programa de observação;
2. facilidade na organização do programa de observação;
3. rapidez com que cada estrela é observada;
4. simplicidade dos cálculos.

1.2. COMENTÁRIOS A RESPEITO DA LONGITUDE ASTRONÔMICA DE ALTA PRECISÃO

O método de Mayer é considerado o mais preciso processo para a determinação da longitude astronômica de alta precisão. ROBBINS, A.R. [28] diz que este método é o preferido porque ele está isento das incertezas da refração. Porém o método de Zinger também está isento das incertezas da refração, pois são observadas duas estrelas, uma à este e outra à oeste com a mesma distância zenital e com intervalo de apenas alguns minutos, portanto, sob as mesmas condições atmosféricas. Como tanto no método de Mayer quanto no método de Zinger não são

efetuadas leituras nos limbos vertical e horizontal, mas apenas cronometragens, a precisão da longitude será função direta da qualidade das cronometragens e da estabilização instrumental do almicantarado⁽⁶⁾. A vantagem do método de Zinger sobre o de Mayer é que, de acordo com CHAGAS, C.B. [07], no método de Mayer precisamos orientar a luneta do teodolito segundo o meridiano do lugar com um desvio azimutal inferior a 15", enquanto que no método de Zinger a orientação tem o propósito apenas de colocar a estrela dentro do campo ótico da luneta do teodolito, que no caso do Zeiss-Jena Theo 002 é de 2°42'.

1.3. COMENTÁRIOS A RESPEITO DO AZIMUTE ASTRONÔMICO DE ALTA PRECISÃO

O método de σ Octantis é o processo adotado no hemisfério sul, para a determinação do azimute astronômico de alta precisão. SANTOS, W.J. dos [29], demonstrou que o processo mais simples para a determinação astronômica do azimute de uma direção terrestre é por meio do método de estrela em elongação, pelo qual, utilizando um teodolito WILD T3, obteve um erro médio quadrático da média de $\pm 0,36''$, valor bem próximo do exigido para a determinação de alta precisão, que é de $\pm 0,30''$. Neste trabalho procuramos, por meio do teodolito Zeiss-Jena Theo 002, de qualidade superior ao WILD T3, obter um azimute astronômico de alta precisão pelo método de estrela em elongação.

Ao nosso ver, o método de estrela em elongação, além da simplicidade dos cálculos, possui duas vantagens sobre o mé

(6) Ou almucântar, como preferem alguns autores, são círculos de igual altura, paralelos ao horizonte. É a linha de visão que o telescópio do teodolito descreve quando o instrumento é movido em torno de seu eixo vertical.

todo da σ Octantis: a não necessidade de cronometragens e ao fato da σ Octantis ser uma estrela de magnitude 5.48, o que implica em boas condições atmosféricas para ser observada, enquanto que no método de estrela em elongação, para um observador no hemisfério sul, a injunção é que a declinação da estrela deve ser menor que a latitude do ponto. Considerando o caso particular do Brasil, cuja latitude extrema é de -35° , sempre existirá uma grande quantidade de estrelas de magnitudes inferiores a 3.0, o que possibilita observações em condições razoáveis de tempo.

1.4. COMENTÁRIOS A RESPEITO DO ZEISS-JENA THEO 002

Com relação ao Theo 002, no artigo publicado pela Jena Review em 1977; com o título "On the application of the Theo 002 universal theodolite in two accurates procedures of geodetic astronomy", Rudolf Sigl e Alfred Bauch do Institut for Astronomical and Physical Geodesy of Munich Technical University, salientam dois aspectos de particular interesse na utilização desse equipamento: a facilidade de observação e o aumento da precisão em função da estabilização automática dos planos horizontal e vertical, isto é, a inexistência dos níveis suspensoe de Horrebow.

2. O TEODOLITO UNIVERSAL ZEISS-JENA THEO 002

2.1. O PRINCÍPIO DO THEO 002

Quando o teodolito astronômico-geodésico Zeiss-Jena Theo 002 é utilizado para determinar a latitude, longitude e azimute por processos astronômicos, trânsitos de estrelas através de planos horizontais e verticais são observados.

O plano horizontal de observação é definido como um plano que é paralelo ao horizonte celeste (ver nota de rodapé número 6) e que pode estar, de acordo com a distância zenital a ser observada, dentro da faixa $0^\circ < z < 90^\circ$. Já o plano vertical de observação é um plano qualquer que contém a vertical do lugar. Como alerta GEMAEL, C. [12], existem infinitos planos verticais em cada lugar, pois uma reta não individualiza um plano.

As observações através de um plano horizontal correspondem a trânsitos de estrelas em um almicantarado, que é o caso da determinação do azimute pelo método de estrelas em elongação e da longitude pelo método de Zinger, enquanto que as observações em um plano vertical correspondem a trânsitos de estrelas em um determinado plano vertical, que é o caso da determinação da latitude pelo método de Sterneck.

O princípio do Zeiss-Jena Theo 002 consiste na estabilização desses dois planos de observação mediante o uso de compensadores de inclinação, estabilizando ambos os planos automaticamente em relação à vertical do lugar, eliminando simultaneamente as influências dos erros de verticalidade e perpendicularidade do teodolito. Os compensadores utilizados destacam-se por uma elevada exatidão, de cerca de $\pm 0,1''$.

O teodolito universal Zeiss-Jena Theo 002 é semelhan

te em operação ao Wild T4 e ao Kern DKM 3-A sendo a sua principal vantagem a eliminação dos níveis esféricos suspenso, de Horrebow e de índice de altura⁽⁷⁾ pela incorporação dos compensadores de inclinação no sistema ótico do telescópio e no limbo vertical. Como a tecnologia atual não permite a manufatura de níveis de precisão com a sensibilidade e estabilidade desejadas, a eliminação desses níveis possui um aspecto bem-vindo.

O Zeiss-Jena Theo 002 possui limbos de leituras horizontal e vertical de alta precisão. Ambos os limbos são lidos em um microscópio comum de leitura com o auxílio de um micrômetro de coincidência e podem ser empregados como limbos reiteradores. Uma câmara pode ser acrescida para o registro fotográfico dos limbos vertical e horizontal.

O sistema telescópico do Zeiss-Jena Theo 002 consiste basicamente de três telescópicos inseridos uns nos outros, viz.:

- a. telescópio para medidas de ângulos horizontais;
- b. telescópio para medidas de ângulos verticais;
- c. telescópio rastreador.

2.1.1. TELESCÓPIO PARA MEDIDAS DE ÂNGULOS HORIZONTAIS

Com o propósito de eliminar os erros sistemáticos nas medidas de ângulos horizontais oriundos dos erros de verticali

(7) Apenas com o intuito de clarificar o texto, podemos fazer uma comparação com o Wild T2, instrumento conhecidíssimo de nossos geodestas e astrônomos de posição:

- a. O nível suspenso seria o nível de cavalete, utilizado para corrigir as leituras horizontais do erro de perpendicularidade;
- b. O nível de Horrebow possui a mesma denominação e é utilizado na determinação da longitude por Zinger para garantir a observação da estrela à este e à oeste no mesmo almicantado;
- c. O nível de índice de altura seria a bolha bi-partida, fundamental na leitura de distâncias zenitais.

dade e de perpendicularidade, o telescópio para medidas de ângulos horizontais possui um dispositivo de compensação automática que consiste de um espelho plano suspenso como um pêndulo situado no ponto médio da distância focal da objetiva do telescópio. Este espelho independe do movimento giratório do telescópio do teodolito, posicionando-se automaticamente em relação à vertical do lugar com um alto grau de exatidão, eliminando a medição trabalhosa e não confiável da inclinação do eixo vertical⁽⁸⁾ por meio de um nível esférico suspenso, como é necessário nos instrumentos universais tradicionais.

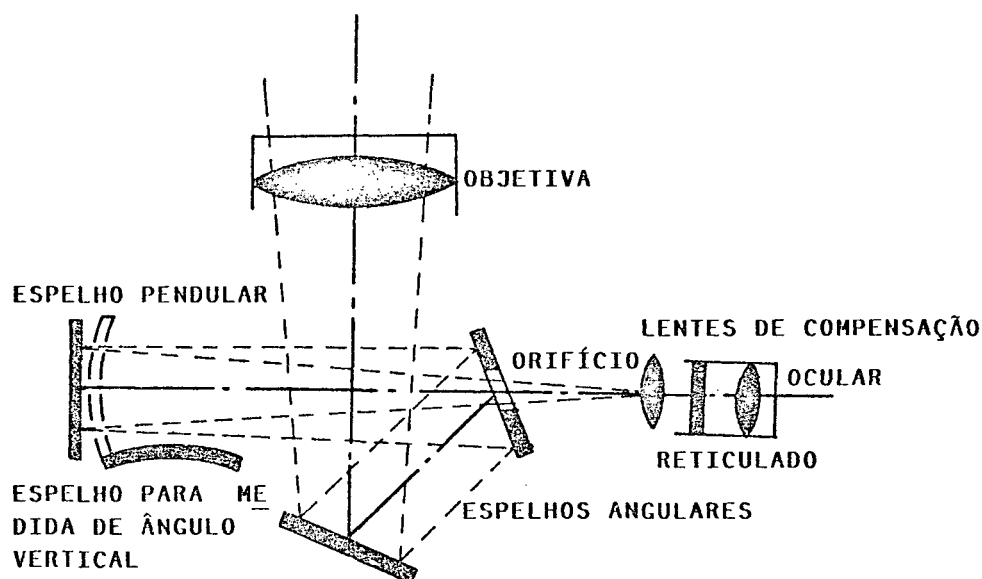


FIGURA (2.1). Sistema óptico do telescópio do Zeiss-Jena Theo 002.

Um raio de luz passa através da objetiva, dos espe

(8) Na verdade, o nível esférico suspenso (nível de cavalete) não nos fornece a inclinação do eixo vertical, mas sim a inclinação total do eixo horizontal, isto é, o erro de perpendicularidade propriamente dito (o eixo horizontal não é perpendicular ao eixo vertical ou principal) mais o erro de perpendicularidade devido ao erro de verticalidade (o eixo vertical ou principal não coincide com a vertical do lugar).

lhos angulares, do espelho pendular, do furo do espelho angular superior e por um conjunto de lentes de compensação, o qual elimina as aberrações cromáticas não axiais. A magnificação pode ser alterada através de três oculares que o instrumento dispõe.

2.1.2. TELESCÓPIO PARA MEDIDAS DE ÂNGULOS VERTICAIS

Quando ângulos verticais são medidos, o efeito do espelho pendular é eliminado pela inserção de um espelho móvel levemente esférico diante do espelho pendular [ver figura (2.1)]. A compensação do erro do eixo vertical é obtida por meio da estabilização do limbo vertical através de um pêndulo, dispensando-se o nível de índice de altura necessário para a medição da distância zenital e o nível esférico de Horrebow, imprescindível na determinação da latitude pelo método de Horrebow-Talcott e na determinação da longitude pelo método de Zinger. Desde que não é necessário centrar as bolhas dos níveis dispensados depois que o telescópio do instrumento é colocado numa posição vertical apropriada, a velocidade de trabalho e a qualidade das medidas é enormemente aumentada nos métodos onde se requer leituras diretas sobre o limbo vertical, que é o caso da determinação da latitude pelo método de Sterneck.

2.1.3. TELESCÓPIO RASTREADOR

O telescópio rastreador e o telescópio principal possuem reticulado e ocular comum aos dois telescópios. Se um espelho plano é inserido (ver ítem 176 da figura 13 do apêndice H), a luz vinda através do telescópio principal é bloqueada. O raio de luz observado nesta posição vem através da objetiva do telescópio rastreador, o qual permite um campo de visão muito maior ($2,5^\circ$ contra $45'$).

A ocular pode ser cambiada por um micrômetro impessoal, similar ao do Wild T4 e Kern DKM 3-A. É utilizado para o registro automático de trânsitos de estrelas em um cronógrafo registrador ou para medir diferenças de distâncias zenitais.

2.1.4. QUADRO COMPARATIVO ENTRE OS TEODOLITOS UNIVERSAIS DE PRIMEIRA ORDEM

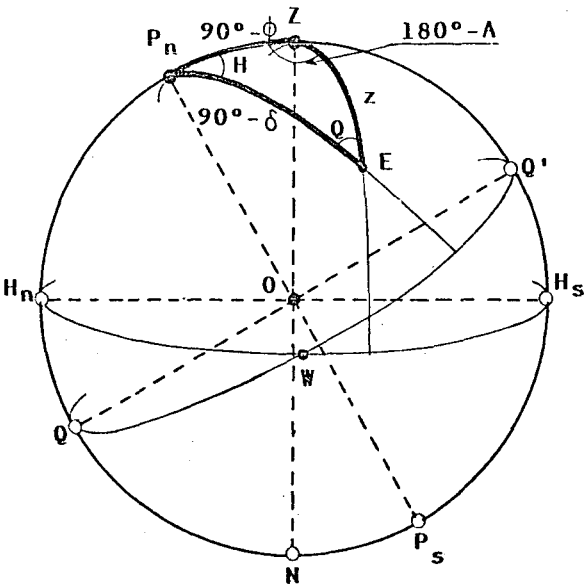
COMPONENTE	UNIDADE	TEODOLITOS UNIVERSAIS		
		WILD T4	KERN DKM3-A	ZEISS-JENA THEO 002
<u>Telescópio</u>				
Abertura	mm	60	72	65
Magnificação	X	65	27-45	32-75
Distância focal	mm	550	510	810-940
<u>Limbo horizontal</u>				
Diâmetro	mm	250	100	250
Intervalo de graduação	'	2	10	4
Intervalo de graduação do micrômetro	"	0,1	0,5	0,2
<u>Limbo vertical</u>				
Diâmetro	mm	145	100	200
Intervalo de graduação	'	4	10	4
Intervalo de graduação do micrômetro	"	0,2	0,5	0,2
<u>Sensibilidade dos níveis</u>				
Nível esférico suspenso	'/2mm	1,0	1,5	compensação automática
Nível de Horrebow	"/2mm	1,5	1,5	compensação automática
<u>Micrômetro impessoal</u>				
Extensão	'	30	20	20
Registros	número	100	120	120
<u>Peso</u>	Kg	55	15	60

- OBSERVAÇÕES:
- 1. Para maiores informações sobre o Zeiss-Jena Theo 002, ver apêndice H;
 - 2. Este capítulo é uma tradução livre das páginas 266-269 de MUELLER, I.I. |25| e 16-19 de VEB CARL ZEISS-JENA. |32|.

3. DETERMINAÇÃO DA LATITUDE ASTRONÔMICA PELO MÉTODO DE
STERNECK⁽⁹⁾

3.1. CIRCUNSTÂNCIAS FAVORÁVEIS À DETERMINAÇÃO DA LATITUDE

Seja o triângulo de posição PnEZ:



FIGURA(3.1). A esfera celeste e um triângulo de posição genérico.

Da fórmula dos quatro elementos relativo a lados temos:

$$\begin{aligned} \cos z &= \cos(90^\circ - \phi) \cos(90^\circ - \delta) + \sin(90^\circ - \phi) \sin(90^\circ - \delta) \cos H \\ \cos z &= \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H \end{aligned} \tag{3.1.1}$$

Por diferenciação, considerando ϕ , z e H variáveis e δ constante, vem:

(9) Alguns autores, como BOLLINA, J.A.T.[03] e CHAGAS, C.B.[07], denominam este método de Horrebow. Ele também é conhecido por método de Horrebow-Talcott à teodolito, método de Talcott simplificado, método das altitudes meridianas e método das culminações norte e sul.

$$\begin{aligned}
& -\text{senz } dz = \cos\phi \text{ sen}\delta \, d\phi - \text{sen}\phi \cos\delta \cosh H \, d\phi - \cos\phi \cos\delta \dots \\
& \dots \text{sen}H \, dH \\
& -\text{senz } dz = (\cos\phi \text{ sen}\delta - \text{sen}\phi \cos\delta \cosh H) d\phi - \cos\phi \cos\delta \dots \\
& \dots \text{sen}H \, dH \tag{3.1.2}
\end{aligned}$$

Da analogia dos senos temos:

$$\frac{\text{sen}H}{\text{senz}} = \frac{\text{sen}(180^\circ - A)}{\text{sen}(90^\circ - \delta)}$$

$$\text{sen}H \cos\delta = \text{sen}A \text{ senz}$$

Multiplicando ambos os membros por $\cos\phi$ vem:

$$\text{sen}H \cos\delta \cos\phi = \text{sen}A \text{ senz } \cos\phi \tag{3.1.3}$$

Recorrendo novamente à fórmula dos quatro elementos relativo a lados vem:

$$\begin{aligned}
\cos(90^\circ - \delta) &= \cos(90^\circ - \phi) \cos z + \text{sen}(90^\circ - \phi) \text{senz } \cos(180^\circ - A) \\
\text{sen}\delta &= \text{sen}\phi \cos z - \cos\phi \text{senz } \cos A \tag{3.1.4}
\end{aligned}$$

Substituindo a (3.1.1.) na (3.1.4) vem:

$$\text{sen}\delta = \text{sen}\phi (\text{sen}\phi \text{ sen}\delta + \cos\phi \cos\delta \cosh H) - \cos\phi \text{senz } \cos A$$

$$\text{sen}\delta = \text{sen}^2\phi \text{ sen}\delta + \text{sen}\phi \cos\phi \cos\delta \cosh H - \cos\phi \text{senz } \cos A$$

$$\text{sen}\delta = (1 - \cos^2\phi) \text{sen}\delta + \text{sen}\phi \cos\phi \cos\delta \cosh H - \cos\phi \text{senz } \cos A$$

$$\cos\phi \text{senz } \cos A = \text{sen}\phi \cos\phi \cos\delta \cosh H - \cos^2\phi \text{sen}\delta$$

Dividindo ambos os membros por $\cos\phi$ vem:

$$\text{senz } \cos A = \text{sen}\phi \cos\delta \cosh H - \cos\phi \text{sen}\delta$$

$$-\text{senz } \cos A = \cos\phi \text{sen}\delta - \text{sen}\phi \cos\delta \cosh H \tag{3.1.5}$$

Substituindo a (3.1.3) e (3.1.5) na (3.1.2) vem:

$$-\text{senz } dz = -\text{senz } \cos A \, d\phi - \text{sen}A \text{senz } \cos\phi \, dH$$

Dividindo ambos os membros por senz vem:

$$\begin{aligned}
 -dz &= -\cos A \, d\phi - \sin A \cos \phi \, dH \\
 \cos A \, d\phi &= dz - \sin A \cos \phi \, dH \\
 d\phi &= \sec A \, dz - \tan A \cos \phi \, dH
 \end{aligned}
 \tag{3.1.6}$$

Analisando a expressão (3.1.6), vemos que para o caso particular de observarmos um astro no meridiano do lugar, isto é, $A=0^\circ$ ou $A=180^\circ$, temos que:

- a. $|\sec A \, dz|$ é mínimo;
- b. $\tan A \cos \phi \, dH$ é nulo.

Neste caso, $d\phi = \pm dz$, isto é, a precisão da latitude ϕ será função apenas da qualidade da medida da distância zenital z no instante da passagem meridiana do astro.

3.2. TEORIA DO MÉTODO

De grande simplicidade, quer quanto à elaboração do programa de observações, quer quanto às operações de campo, quer quanto aos cálculos, este método consiste simplesmente em se medirem as distâncias zenitais meridianas de estrelas que culminem em lados opostos do zênite.

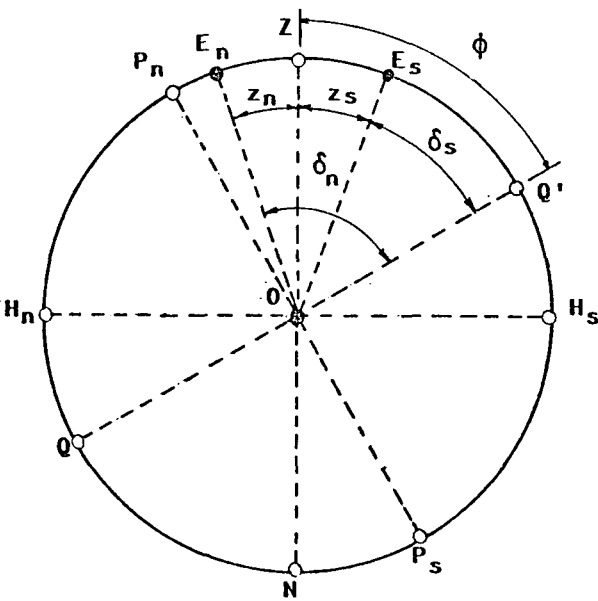


FIGURA (3.2). Determinação da latitude astronômica pelo método de Sterneck.

Da figura (3.2) temos que:

$$\phi = \delta_s + z_s$$

e

(3.2.1)

$$\phi = \delta_n - z_n$$

Somando membro a membro as (3.2.1) vem:

$$2\phi = (\delta_s + \delta_n) + (z_s - z_n)$$

$$\phi = \frac{1}{2}(\delta_s + \delta_n) + \frac{1}{2}(z_s - z_n)$$

(3.2.2)

Porém, como demonstra GUTERRES, I.G. [13], z_s e z_n podem ser expressos da seguinte forma:

$$z_s = z'_s - PZ + R_s$$

e

(3.2.3)

$$z_n = z'_n - PZ + R_n$$

onde:

z'_s → distância zenital observada para a estrela ao sul do zênite (PD);

z'_n → distância zenital observada para a estrela ao norte do zênite (PD);

R_s e R_n → correção da refração para $(z'_s - PZ)$ e $(z'_n - PZ)$ respectivamente;

PZ → erro do ponto zenital.

Substituindo as (3.2.3) na (3.2.2) vem:

$$\phi = \frac{1}{2}(\delta_s + \delta_n) + \frac{1}{2}[(z'_s - PZ + R_s) - (z'_n - PZ + R_n)]$$

$$\phi = \frac{1}{2}(\delta_s + \delta_n) + \frac{1}{2}(z'_s - z'_n) + \frac{1}{2}(R_s - R_n) \quad (3.2.4)$$

De acordo com FRANCO, L.C.S. [09], temos que:

$$R_s = FM \cdot CPT \cdot \text{tg}(z'_s - PZ) \quad (3.2.5)$$

e

$$R_n = FM \cdot CPT \cdot \text{tg}(z'_n - PZ)$$

onde:

FM (fator multiplicativo) = 55,469" (para T = 20°C e

P = 760 mm Hg);

CPT (correção de pressão e temperatura) → Efemérides Astronômicas do Observatório Nacional [27].

Substituindo as (3.2.5) na (3.2.4) vem:

$$\begin{aligned} \phi = & \frac{1}{2}(\delta_s + \delta_n) + \frac{1}{2}(z'_s - z'_n) + \frac{1}{2} \cdot FM \cdot CPT \cdot \text{tg}(z'_s - PZ) \quad \dots \\ & \dots - \text{tg}(z'_n - PZ) \quad (3.2.6) \end{aligned}$$

Considerando, de acordo com HATSCHBACH, F. [14], as situações mais desfavoráveis possíveis, tais como z'_n ou $z'_s = 45^\circ$, $|z'_n - z'_s| = 5^\circ$, $CPT = 1,127$ e $PZ = 5'$, o erro introduzido em ϕ devido ao erro de PZ será da ordem de 0,013", cerca de dez vezes inferior à precisão da latitude astronômica de alta precisão. Destarte, podemos desconsiderá-lo, reescrevendo a expressão (3.2.6):

$$\phi = \frac{1}{2}(\delta_s + \delta_n) + \frac{1}{2}(z'_s - z'_n) + \frac{1}{2} \cdot FM \cdot CPT \cdot (\text{tg } z'_s - \text{tg } z'_n) \quad (3.2.7)$$

3.3. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA NA LATITUDE DO ERRO EM ÂNGULO HORÁRIO

Vimos anteriormente que a precisão da latitude é função direta da qualidade da medida da distância zenital e que o método de Sterneck exige que as distâncias zenitais sejam obtidas no exato trânsito das estrelas pelo meridiano do lugar, isto é, que o ângulo horário seja nulo. Vejamos então qual será o erro introduzido na distância zenital ao observarmos uma estrela com um ângulo horário dH .

Tomemos a expressão (3.1.1):

$$\cos z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H$$

Façamos a diferenciação desta expressão em relação a z e H :

$$-\sin z \, dz = -\cos \phi \cos \delta \sin H \, dH$$

$$\frac{dz}{dH} = \frac{\cos \phi \cos \delta \sin H}{\sin z} \quad (3.3.1)$$

Analisando a expressão (3.3.1) vemos que não podemos observar estrelas com pequenas distâncias zenitais, pois quando $z \rightarrow 0$, $dz/dH \rightarrow \infty$. Estabelecemos, empiricamente, como limite inferior, a distância zenital de 6° ⁽¹⁰⁾. Considerando então as situações mais desfavoráveis, como $\delta = 0^\circ$ e $z = 6^\circ$ e admitindo que observamos a estrela com um ângulo horário de $2s$, o que é improvável, devido aos minudentes cuidados quando das observações⁽¹¹⁾, teremos, para a estação em questão:

$$dz = \pm 0,039''$$

(10) Este valor foi estabelecido pelo autor após alguns anos no ensino da prática de Astronomia de Posição.

(11) Uso de um relógio digital à quartzo, contador de segundos eletrônico, aferição do relógio pela w.w.v., auxiliar habilitado, etc;

Este valor é bastante inferior à precisão exigida na determinação da latitude astronômica de primeira ordem, que é de $\pm 0,150''$. Como geralmente $\delta \neq 0^\circ$ e $z > 6^\circ$, dz ainda será inferior a este valor.

4. DETERMINAÇÃO DA LONGITUDE ASTRONÔMICA PELO MÉTODO DE ZINGER⁽¹²⁾

4.1. CIRCUNSTÂNCIAS FAVORÁVEIS À DETERMINAÇÃO DA LONGITUDE

Da expressão (3.1.6) temos:

$$d\phi = \sec A \, dz - \operatorname{tg} A \cos \phi \, dH$$

Multiplicando ambos os membros por $\cos A$ vem:

$$\cos A \, d\phi = dz - \operatorname{sen} A \cos \phi \, dH$$

$$dH = \operatorname{cossec} A \sec \phi \, dz - \cotg A \sec \phi \, d\phi \quad (4.1.1)$$

Analizando a expressão (4.1.1), vemos que para o caso particular de observarmos um astro no primeiro vertical, isto é, $A=90^\circ$ ou $A=270^\circ$, temos que:

a. $|\operatorname{cossec} A \sec \phi \, dz|$ é mínimo;

b. $\cotg A \sec \phi \, d\phi$ é nulo.

Desse modo, podemos concluir que para que seja mínimo o erro dH e conseqüentemente a longitude seja bem determinada, é preciso observar o astro nas proximidades do primeiro vertical.

4.2. GENERALIDADES

A longitude de um lugar pode ser determinada através da diferença entre a hora do lugar e a hora de Greenwich em um mesmo instante, isto é:

$$\lambda = S - S_G$$

$$\lambda = V - V_G \quad (4.2.1)$$

$$\lambda = M - M_G$$

(12) Alguns autores, como MUELLER, I.I. [25], o denominam Tsinger.

Esta mesma longitude também pode ser determinada através da diferença entre o estado do cronômetro em relação ao lugar e o estado do cronômetro em relação à Greenwich em um mesmo instante cronométrico T:

$$\lambda = E - E_G \tag{4.2.2}$$

O valor de E_G é facilmente obtível através da recepção de sinais horários, ficando a solução do problema na obtenção de E.

4.3. OBTENÇÃO DE E ATRAVÉS DO MÉTODO DAS ALTURAS IGUAIS DE UMA MESMA ESTRELA

Este método consiste na tomada de tempos cronométricos das passagens de uma estrela pelo mesmo almicantarado.

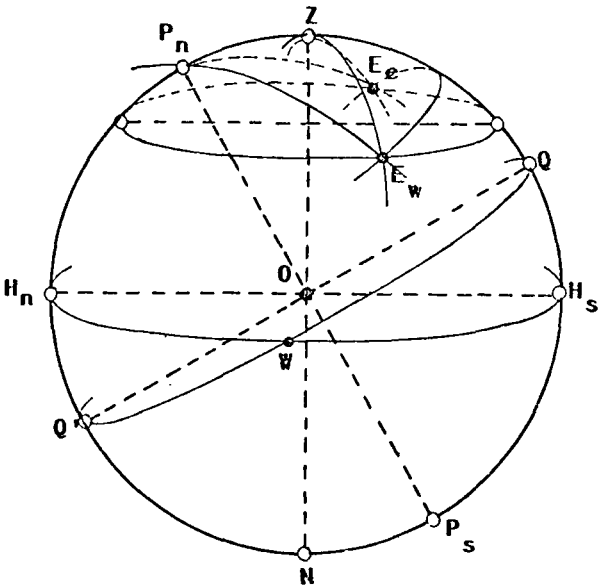


FIGURA (4.1). Determinação da longitude astronômica pelo método das alturas iguais de uma mesma estrela.

Neste método são anotados os instantes cronométricos T_E e T'_W em que a estrela passa pelo mesmo almicantarado à este e à oeste do meridiano do lugar, onde:

$T_E \rightarrow$ instante cronométrico da observação da estrela à este do meridiano;

$T_W \rightarrow$ instante cronométrico da observação da estrela à oeste do meridiano, corrigido da influência da marcha do cronômetro δT .

$$T_W = T'_W + \delta T (T'_W - T_E) \quad (4.3.1)$$

Sabemos que:

$$S_E = T_E + E \quad (4.3.2)$$

$$S_W = T_W + E$$

e

$$S_E = \alpha + H_E \quad (4.3.3)$$

$$S_W = \alpha + H_W$$

Igualando as equações (4.3.2) e (4.3.3) vem:

$$T_E + E = \alpha + H_E \quad (4.3.4)$$

e

$$T_W + E = \alpha + H_W$$

Como $H_W = -H_E^{(13)}$, ao somarmos as (4.3.4) membro a membro, vem:

$$\begin{aligned} T_E + T_W + 2E &= 2\alpha \\ E &= \alpha - \frac{1}{2} (T_E + T_W) \end{aligned} \quad (4.3.5)$$

A expressão (4.3.5) nos fornece E e então podemos determinar a longitude do lugar através da expressão (4.2.2). Este método possui as vantagens de não exigir o conhecimento da latitude do lugar e nem a declinação do astro, obrigando ape

(13) Ângulo horário contado negativamente por este.

nas que o mesmo seja observado à este e à oeste com a mesma altura.

Na prática, todavia, este método apresenta um grande inconveniente devido ao longo intervalo de tempo necessário para que se observe uma mesma estrela em um mesmo almicantarado, o que acarretará mudanças nas condições atmosféricas.

4.4. OBTENÇÃO DE E ATRAVÉS DO MÉTODO DE ZINGER

Para eliminar a inconveniência do método anterior, o astrônomo russo Zinger, do observatório de Pulkova, apresentou no ano de 1874 a seguinte solução:

"Observação de duas estrelas, uma à este e outra à oeste do meridiano do lugar, de modo que cortem o mesmo almicantarado com diferença de apenas alguns minutos".

4.4.1. TEORIA DO MÉTODO

Representemos na esfera celeste duas estrelas no instante em que elas cruzam o mesmo almicantarado.

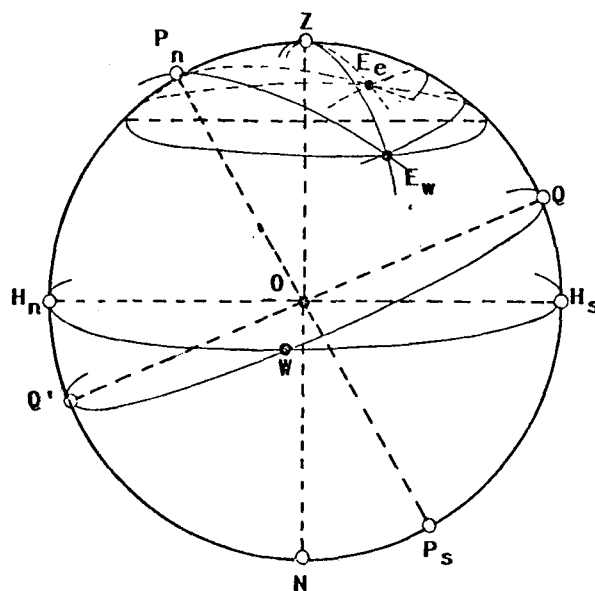


FIGURA (4.2). Determinação da longitude astronômica pelo método de Zinger.

Da figura (4.2) podemos observar que nos dois triângulos de posição $P_N Z E_W$ e $P_N Z E_E$, o lado $P_N Z$ é comum aos dois triângulos e vale $(90^\circ - \phi)$ e os lados ZE_W e ZE_E são iguais e valem z , uma vez que as duas estrelas estão contidas no mesmo almi cantarado. Já os lados $P_N E_W$ e $P_N E_E$ diferem entre si e valem respectivamente $(90^\circ - \delta_W)$ e $(90^\circ - \delta_E)$.

Com a finalidade de facilitar as deduções que se se guem, façamos as seguintes considerações:

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{\alpha_E + \alpha_W}{2} & \Delta\alpha &= \frac{\alpha_E - \alpha_W}{2} \\
 \delta &= \frac{\delta_E + \delta_W}{2} & \Delta\delta &= \frac{\delta_E - \delta_W}{2} \\
 H &= \frac{H_E + H_W}{2} & \Delta H &= \frac{H_E - H_W}{2} \\
 T &= \frac{T_E + T'_W}{2} & \Delta T &= \frac{T_E - T'_W}{2}
 \end{aligned}
 \tag{4.4.1.1}$$

Sabemos que:

$$S_E = \alpha_E + H_E$$

e

$$\tag{4.4.1.2}$$

$$S_W = \alpha_W + H_W$$

Supondo que a observação à este será efetuada primei ramente, teremos:

$$S_E = T_E + E$$

e

$$\tag{4.4.1.3}$$

$$S_W = T'_W + \delta T(T'_W - T_E) + E$$

Igualando as (4.4.1.2) e as (4.4.1.3) vem:

$$\alpha_E + H_E = T_E + E$$

e (4.4.1.4)

$$\alpha_W + H_W = T'_W + \delta T(T'_W - T_E) + E$$

Somando e dividindo por dois as equações (4.4.1.4) temos:

$$\frac{\alpha_E + \alpha_W}{2} + \frac{H_E + H_W}{2} = \frac{T_E + T'_W}{2} + \frac{\delta T(T'_W - T_E)}{2} + E \quad (4.4.1.5)$$

Subtraindo e dividindo por dois as equações (4.4.1.4) temos:

$$\frac{\alpha_E - \alpha_W}{2} + \frac{H_E - H_W}{2} = \frac{T_E - T'_W}{2} - \frac{\delta T(T'_W - T_E)}{2} \quad (4.4.1.6)$$

De acordo com as (4.4.1.1), podemos reescrever a (4.4.1.5) e (4.4.1.6):

$$\alpha + H = T + \frac{\delta T(T'_W - T_E)}{2} + E$$

ou

$$E = \alpha + H - T - \frac{\delta T(T'_W - T_E)}{2} \quad (4.4.1.7)$$

e

$$\Delta\alpha + \Delta H = \Delta T - \frac{\delta T(T'_W - T_E)}{2}$$

ou

$$\Delta H = \Delta T - \Delta\alpha - \frac{\delta T(T'_W - T_E)}{2} \quad (4.4.1.8)$$

A expressão (4.4.1.7) nos fornece o estado do cronômetro. O problema consiste apenas em determinar H, pois todos os outros elementos são conhecidos. Apliquemos a fórmula dos quatro elementos referente a lados ao lado z dos dois triângulos de posição da figura (4.2).

$$\cos z = \cos(90^\circ - \phi) \cos(90^\circ - \delta_E) + \sin(90^\circ - \phi) \sin(90^\circ - \delta_E) \cosh H_E$$

$$\cos z = \sin \phi \sin \delta_E + \cos \phi \cos \delta_E \cosh H_E \quad (4.4.1.9)$$

Da mesma forma:

$$\cos z = \sin \phi \sin \delta_W + \cos \phi \cos \delta_W \cosh H_W \quad (4.4.1.10)$$

Subtraindo da (4.4.1.9) a (4.4.1.10) vem:

$$0 = \sin \phi \sin \delta_E + \cos \phi \cos \delta_E \cosh H_E - \sin \phi \sin \delta_W - \cos \phi \dots$$

$$\dots \cos \delta_W \cosh H_W$$

Colocando $\sin \phi$ e $\cos \phi$ em evidência obtemos:

$$0 = \sin \phi (\sin \delta_E - \sin \delta_W) + \cos \phi (\cos \delta_E \cosh H_E - \cos \delta_W \cosh H_W)$$

ou

$$\sin \phi (\sin \delta_E - \sin \delta_W) = \cos \phi (\cos \delta_W \cosh H_W - \cos \delta_E \cosh H_E)$$

ou

$$\operatorname{tg} \phi (\sin \delta_E - \sin \delta_W) = \cos \delta_W \cosh H_W - \cos \delta_E \cosh H_E \quad (4.4.1.11)$$

Da Trigonometria Plana temos que:

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha - \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \quad (4.4.1.12)$$

Substituindo a (4.4.1.12) na (4.4.1.11) vem:

$$2 \operatorname{tg} \phi \sin \frac{1}{2}(\delta_E - \delta_W) \cos \frac{1}{2}(\delta_E + \delta_W) = \cos \delta_W \cosh H_W - \cos \delta_E \dots$$

$$\dots \cosh H_E \quad (4.4.1.13)$$

Reescrevendo a (4.4.1.13) após modificações no segundo membro que não alteram a identidade, vem:

$$2 \operatorname{tg} \phi \sin \frac{1}{2}(\delta_E - \delta_W) \cos \frac{1}{2}(\delta_E + \delta_W) = \frac{1}{2}(\cos \delta_W - \cos \delta_E) \dots$$

$$\dots (\cosh H_W + \cosh H_E) + \frac{1}{2}(\cos \delta_W + \cos \delta_E)(\cosh H_W - \cosh H_E) \quad (4.4.1.14)$$

Recorrendo novamente a Trigonometria Plana, temos que:

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$$

e

(4.4.1.15)

$$\cos\alpha - \cos\beta = -2\sin\frac{1}{2}(\alpha+\beta)\sin\frac{1}{2}(\alpha-\beta)$$

Levando as (4.4.1.15) na (4.4.1.14) vem:

$$\begin{aligned} 2\operatorname{tg}\phi \sin\frac{1}{2}(\delta_E - \delta_W)\cos\frac{1}{2}(\delta_E + \delta_W) &= \frac{1}{2} \cdot (-2)\sin\frac{1}{2}(\delta_W + \delta_E) \quad \dots \\ \dots \sin\frac{1}{2}(\delta_W - \delta_E)2\cos\frac{1}{2}(H_W + H_E)\cos\frac{1}{2}(H_W - H_E) &+ \frac{1}{2} \cdot 2\cos\frac{1}{2} \quad \dots \\ \dots (\delta_W + \delta_E)\cos\frac{1}{2}(\delta_W - \delta_E)(-2)\sin\frac{1}{2}(H_W + H_E)\sin\frac{1}{2}(H_W - H_E) \end{aligned}$$

ou

$$\begin{aligned} 2\operatorname{tg}\phi \sin\frac{1}{2}(\delta_E - \delta_W)\cos\frac{1}{2}(\delta_E + \delta_W) &= 2\sin\frac{1}{2}(\delta_E + \delta_W) \quad \dots \\ \sin\frac{1}{2}(\delta_E - \delta_W)\cos\frac{1}{2}(H_E + H_W)\cos\frac{1}{2}(H_E - H_W) &+ 2\cos\frac{1}{2}(\delta_E + \delta_W) \quad \dots \\ \dots \cos\frac{1}{2}(\delta_E - \delta_W)\sin\frac{1}{2}(H_E + H_W)\sin\frac{1}{2}(H_E - H_W) &\quad (4.4.1.16) \end{aligned}$$

De acordo com as (4.4.1.1), vamos reescrever a

(4.4.1.16):

$$\begin{aligned} 2\operatorname{tg}\phi \sin\Delta\delta \cos\delta &= 2\sin\delta \sin\Delta\delta \cosh H \cos\Delta H + 2\cos\delta \quad \dots \\ \dots \cos\Delta\delta \sinh H \sin\Delta H &\quad (4.4.1.17) \end{aligned}$$

Dividindo ambos os membros da (4.4.1.17) por $2\cos\delta$ vem:

$$\operatorname{tg}\phi \operatorname{tg}\Delta\delta = \operatorname{tg}\delta \operatorname{tg}\Delta\delta \cosh H \cos\Delta H + \sinh H \sin\Delta H \quad (4.4.1.18)$$

ou

$$\operatorname{tg}\phi \operatorname{tg}\Delta\delta = \sinh H (\operatorname{tg}\delta \operatorname{tg}\Delta\delta \cosh H \cot\Delta H + \sinh H) \quad (4.4.1.19)$$

Façamos:

$$\operatorname{tg}\delta \operatorname{tg}\Delta\delta \cot\Delta H = \operatorname{tg}M \quad (4.4.1.20)$$

Reescrevendo a (4.4.1.19) vem:

$$\operatorname{tg}\phi \operatorname{tg}\Delta\delta = \sinh H (\operatorname{tg}M \cosh H + \sinh H) \quad (4.4.1.21)$$

Dividindo e multiplicando o segundo membro por $\cos M$

vem:

$$\operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \Delta \delta = \frac{\operatorname{sen} \Delta H}{\cos M} (\operatorname{sen} M \cos H + \cos M \operatorname{sen} H) \quad (4.4.1.22)$$

Novamente da Trigonometria Plana temos que:

$$\operatorname{sen}(\alpha + \beta) = \operatorname{sen} \alpha \cos \beta + \cos \alpha \operatorname{sen} \beta \quad (4.4.1.23)$$

Substituindo a (4.4.1.23) na (4.4.1.22) vem:

$$\operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \Delta \delta = \frac{\operatorname{sen} \Delta H \operatorname{sen}(M+H)}{\cos M}$$

ou

$$\operatorname{sen}(M+H) = \operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \Delta \delta \cos M \operatorname{cosec} \Delta H \quad (4.4.1.24)$$

Na expressão (4.4.1.24) todos os elementos são conhecidos, sendo que ΔH é obtido da (4.4.1.8), de modo que ficamos capacitados de obter H e solucionar a equação (4.4.1.7).

Normalmente os catálogos com os pares de Zinger são confeccionados de modo que o tempo decorrido entre a observação da estrela à este e a estrela à oeste seja de 6 minutos. Caso trabalhemos com um cronômetro com uma marcha diária de 4s, o termo $\frac{\delta T(T'_W - T'_E)}{2}$ será igual a $8,3 \times 10^{-3}s$, valor inferior à precisão da longitude astronômica de primeira ordem. Os modernos cronômetros e cronógrafos à quartzo possuem uma marcha diária inferior a $1s^{(14)}$ e por conseguinte, podemos desprezar o termo $\frac{\delta T(T'_W - T'_E)}{2}$. Desse modo podemos reescrever as equações (4.4.1.7) e (4.4.1.8):

$$E = \alpha + H - T \quad (4.4.1.25)$$

$$\Delta H = \Delta T - \Delta \alpha \quad (4.4.1.26)$$

Se usarmos estrelas com declinações muito próximos, o que ocorre na prática, pois os catálogos são confeccionados de

(14) Como exemplo, podemos citar o cronômetro à quartzo Chronostat IV da Golay, que foi utilizado neste trabalho, cuja marcha diária é da ordem de 0,05s.

modo que $|\delta_E - \delta_W| < 1,5^\circ$, os ângulos H_E e H_W possuirão valores próximos um do outro e $\Delta\delta$ e H serão muito pequenos. Então:

$$\text{tg}\Delta\delta \approx \Delta\delta \text{ em radianos ou } \text{tg}\Delta\delta \approx \Delta\delta'' \text{ senl}''$$

e

$$\text{sen}H \approx H \text{ em radianos ou } \text{sen}H \approx H'' \text{ senl}'' \quad (4.4.1.27)$$

e

$$\cos H \approx 1$$

Levando as (4.4.1.27) na (4.4.1.18) vem:

$$\text{tg}\phi \Delta\delta'' \text{ senl}'' = \text{tg}\delta \Delta\delta'' \text{ senl}'' \cos\Delta H + H'' \text{ senl}'' \text{ sen}\Delta H$$

$$H'' = \frac{\Delta\delta''}{\text{sen}\Delta H} (\text{tg}\phi - \text{tg}\delta \cos\Delta H)$$

ou

$$H'' = \Delta\delta'' \left(\frac{\text{tg}\phi}{\text{sen}\Delta H} - \frac{\text{tg}\delta}{\text{tg}\Delta H} \right) \quad (4.4.1.28)$$

Em segundos de tempo a (4.4.1.28) transforma-se em:

$$H = \frac{\Delta\delta''}{15} \left(\frac{\text{tg}\phi}{\text{sen}\Delta H} - \frac{\text{tg}\delta}{\text{tg}\Delta H} \right) \quad (4.4.1.29)$$

Quando $|\delta_E - \delta_W| < 1,5^\circ$, o que ocorre na prática, o erro máximo cometido pela utilização da (4.4.1.29) será de $\pm 0,01s$, podendo ser utilizada nas determinações de segunda ordem. Nas determinações de primeira ordem, GUTERRES, I.G. [13] recomenda a utilização das fórmulas rigorosas (4.4.1.20) e (4.4.1.24).

4.4.2. DEDUÇÃO SIMPLIFICADA DA FÓRMULA APROXIMADA

Da fórmula dos quatro elementos referente a lados te mos:

$$\cos z = \text{sen}\phi \text{ sen}\delta + \cos\phi \cos\delta \cos\Delta H \quad (4.4.2.1)$$

o n d e , δ e ΔH são os valores médios da declinação e do ângulo horário respectivamente, lembrando que o ângulo horário

é contado negativamente por este.

Por diferenciação, considerando apenas δ e ΔH como variáveis, vem:

$$0 = \sin\phi \cos\delta \, d\delta - \cos\phi \sin\delta \cos\Delta H \, d\delta - \cos\phi \cos\delta \sin\Delta H \, dH \\ \cos\phi \cos\delta \sin\Delta H \, d\Delta H = (\sin\phi \cos\delta - \cos\phi \sin\delta \cos\Delta H) d\delta$$

$$\frac{d\Delta H}{d\delta} = \frac{\sin\phi \cos\delta}{\cos\phi \cos\delta \sin\Delta H} - \frac{\cos\phi \sin\delta \cos\Delta H}{\cos\phi \cos\delta \sin\Delta H}$$

$$\frac{d\Delta H}{d\delta} = \frac{\operatorname{tg}\phi}{\sin\Delta H} - \frac{\operatorname{tg}\delta}{\operatorname{tg}\Delta H} \quad (4.4.2.2)$$

Como $\delta_E \approx \delta_W$ e $H_W \approx -H_E$, vamos admitir que:

$$\frac{d\Delta H}{d\delta} = \frac{H_E + H_W}{\delta_E - \delta_W} \quad (4.4.2.3)$$

Substituindo a (4.4.2.3) na (4.4.2.2) vem:

$$\frac{H_E + H_W}{\delta_E - \delta_W} = \frac{\operatorname{tg}\phi}{\sin\Delta H} - \frac{\operatorname{tg}\delta}{\operatorname{tg}\Delta H}$$

$$H_E + H_W = (\delta_E - \delta_W) \left(\frac{\operatorname{tg}\phi}{\sin\Delta H} - \frac{\operatorname{tg}\delta}{\operatorname{tg}\Delta H} \right)$$

$$\frac{1}{2}(H_E + H_W) = \frac{1}{2}(\delta_E - \delta_W) \left(\frac{\operatorname{tg}\phi}{\sin\Delta H} - \frac{\operatorname{tg}\delta}{\operatorname{tg}\Delta H} \right)$$

ou, de acordo com as (4.4.1.1):

$$H = \Delta\delta \left(\frac{\operatorname{tg}\phi}{\sin\Delta H} - \frac{\operatorname{tg}\delta}{\operatorname{tg}\Delta H} \right) \quad (4.4.2.4)$$

Em segundos de tempo a (4.4.2.4) transforma-se em:

$$\infty \quad H = \frac{\Delta\delta''}{15} \left(\frac{\operatorname{tg}\phi}{\sin\Delta H} - \frac{\operatorname{tg}\delta}{\operatorname{tg}\Delta H} \right) \quad (4.4.2.5)$$

4.4.3. DETERMINAÇÃO DA LONGITUDE POR ZINGER POR MEIO DA HORA LEGAL

Da (4.4.1.2) temos que:

$$S_E = \alpha_E + H_E$$

e

(4.4.3.1)

$$S_W = \alpha_W + H_W$$

Naturalmente que aos invés de termos dois instantes cronométricos T_E e T_W , teremos H_{LE} e H_{LW} . Então:

$$\Delta T = (H_{LE} - H_{LW}) \times 1,002\,737\,909^{(15)} \quad (4.4.3.2)$$

Substituindo a (4.4.1.25) na primeira das (4.4.1.4)

vem:

$$\alpha_E + H_E = T_E + \alpha + H - T$$

ou

$$\alpha_E + H_E = T_E + \frac{1}{2}(\alpha_E + \alpha_W) + H - \frac{1}{2}(T_E + T_W)$$

$$H_E = \frac{1}{2}\alpha_E - \alpha_E + \frac{1}{2}\alpha_W + T_E - \frac{1}{2}T_E - \frac{1}{2}T_W + H$$

$$H_E = -\frac{1}{2}\alpha_E + \frac{1}{2}\alpha_W + \frac{1}{2}T_E - \frac{1}{2}T_W + H$$

$$H_E = -\frac{1}{2}(\alpha_E - \alpha_W) + \frac{1}{2}(T_E - T_W) + H \quad (4.4.3.3)$$

De acordo com as (4.4.1.1) podemos reescrever a (4.4.3.3):

$$H_E = \Delta T - \Delta \alpha + H \quad (4.4.3.4)$$

onde ΔT é dado pela (4.4.3.2).

A primeira das (4.2.1) nos fornece a longitude de lugar:

$$\lambda = S_E - S_{GE} \quad (4.4.3.5)$$

onde:

$$S_E = \alpha_E + H_E$$

e

(4.4.3.6)

$$S_{GE} = S_0 + (H_{LE} - \text{FUSO}) \times 1,002\,737\,909$$

(15) Fator de conversão de intervalo de tempo médio em sideral.

5. DETERMINAÇÃO DO AZIMUTE ASTRONÔMICO PELO MÉTODO DE ESTRELA EM ELONGAÇÃO⁽¹⁶⁾

5.1. CIRCUNSTÂNCIAS FAVORÁVEIS À DETERMINAÇÃO DO AZIMUTE

Da fórmula dos quatro elementos referente a lados temos:

$$\begin{aligned}\cos(90^\circ - \delta) &= \cos(90^\circ - \phi) \cos z + \sin(90^\circ - \phi) \sin z \cos(180^\circ - A) \\ \sin \delta &= \sin \phi \cos z - \cos \phi \sin z \cos A\end{aligned}\quad (5.1.1)$$

Por diferenciação, considerando variáveis A e z e constantes ϕ e δ , vem:

$$\begin{aligned}0 &= -\sin \phi \sin z \, dz - \cos \phi \cos z \cos A \, dz + \cos \phi \sin z \sin A \, dA \\ \sin \phi \sin z \, dz + \cos \phi \cos z \cos A \, dz &= \cos \phi \sin z \sin A \, dA \\ dA &= \frac{\sin \phi \sin z}{\cos \phi \sin z \sin A} \, dz + \frac{\cos \phi \cos z \cos A}{\cos \phi \sin z \sin A} \, dz \\ dA &= \operatorname{tg} \phi \operatorname{cosec} A \, dz + \cot g z \cot g A \, dz\end{aligned}\quad (5.1.2)$$

Analisando a expressão (5.1.2), notamos que para o caso particular de observarmos um astro no primeiro vertical, isto é, $A=90^\circ$ ou $A=270^\circ$, temos que:

- a. $|\operatorname{tg} \phi \operatorname{cosec} A \, dz|$ é mínimo;
- b. $\cot g z \cot g A \, dz$ é nulo.

Assim, podemos concluir que para que seja mínimo o erro dA e conseqüentemente o azimute seja bem determinado, é preciso observar o astro nas proximidades do primeiro vertical.

Existe ainda uma outra situação favorável à determinação

(16) Alguns autores, como BOCZKO, R. [02] e TOURINHO, P.A.M. [31], utilizam a expressão digressão em lugar de elongação.

ção do azimute. Do triângulo de posição⁽¹⁷⁾ e da analogia dos senos⁽¹⁸⁾ temos:

$$\text{sen}A = \frac{\text{sen}Q \cos\delta}{\cos\phi} \quad (5.1.3)$$

Substituindo a (5.1.3) na (5.1.2) vem:

$$\begin{aligned} dA &= \frac{\text{tg}\phi \cos\phi dz}{\text{sen}Q \cos\delta} + \frac{\text{cotgz} \cos A \cos\phi}{\text{sen}Q \cos\delta} dz \\ dA &= \text{sen}\phi \cos\text{sec}Q \sec\delta dz + \text{cotgz} \cos A \cos\phi \cos\text{sec}Q \dots \\ &\dots \sec\delta dz \end{aligned} \quad (5.1.4)$$

Analisando a expressão (5.1.4), vemos que para o caso particular de observarmos um astro em elongação, isto é, $Q=90^\circ$ ou $Q=270^\circ$, temos que:

- a. $|\text{sen}\phi \cos\text{sec}Q \sec\delta dz|$ é mínimo;
- b. $|\text{cotgz} \cos A \cos\phi \cos\text{sec}Q \sec\delta dz|$ é mínimo.

Então, podemos concluir que para que seja mínimo o erro dA e conseqüentemente o azimute seja bem determinado, é preciso observar o astro quando o seu ângulo paralático for 90° ou 270° , isto é, quando o astro estiver elongando.

5.2. ESTUDO ANALÍTICO DO FENÔMENO

Como ensina GEMAEL, C. [10], um astro está em elongação quando o seu azimute passa por um máximo ou por um mínimo, ou seja, quando a velocidade azimutal, derivada do azimute em relação ao tempo, é nula.

Aplicando ao triângulo de posição a analogia dos se

(17) Ver figura (3.1).

(18) Consultar GEMAEL, C. [11].

nos e a fórmula dos cinco elementos⁽¹⁹⁾ vem:

$$\text{senz senA} = \cos\delta \text{ senH} \quad (5.2.1)$$

$$\text{senz cosA} = -\cos\phi \text{ sen}\delta + \text{sen}\phi \cos\delta \cosh H \quad (5.2.2)$$

Dividindo a (5.2.2) pela (5.2.1) vem:

$$\cotg A = \frac{\text{sen}\phi \cosh H - \cos\phi \text{tg}\delta}{\text{senH}}$$

$$\cotg A \text{ senH} = \text{sen}\phi \cosh H - \cos\phi \text{tg}\delta \quad (5.2.3)$$

Diferenciando a (5.2.3) em relação a A e H vem:

$$\begin{aligned} -\text{cossec}^2 A \text{ senH } dA + \cotg A \cosh H dH &= -\text{sen}\phi \text{ senH } dH \\ \text{cossec}^2 A \text{ senH } dA &= (\cotg A \cosh H + \text{sen}\phi \text{ senH}) dH \end{aligned} \quad (5.2.4)$$

Multiplicando por senA e dividindo por dH ambos os membros da (5.2.4) vem:

$$\text{cossecA senH } \frac{dA}{dH} = \cos A \cosh H + \text{sen}\phi \text{ senH senA} \quad (5.2.5)$$

Aplicando a fórmula dos quatro elementos relativo a ângulos ao ângulo paralático temos:

$$\begin{aligned} \cos Q &= -\cosh H \cos(180^\circ - A) + \text{senH sen}(180^\circ - A) \cos(90^\circ - \phi) \\ \cos Q &= \cosh H \cos A + \text{senH senA sen}\phi \end{aligned} \quad (5.2.6)$$

Substituindo a (5.2.6) na (5.2.5) vem:

$$\begin{aligned} \text{cossecA senH } \frac{dA}{dH} &= \cos Q \\ \frac{dA}{dH} &= \cos Q \text{ senA cossecH} \end{aligned} \quad (5.2.7)$$

Recorrendo novamente a analogia dos senos temos:

$$\frac{\text{sen}(180^\circ - A)}{\text{sen}(90^\circ - \delta)} = \frac{\text{senH}}{\text{senz}}$$

(19) Consultar GENAEL, C. |11|.

$\text{sen}A \cos\text{sec}H=\cos\delta \cos\text{sec}z$ (5.2.8)

Substituindo a (5.2.8) na (5.2.7) vem:

$\frac{dA}{dH} = \cos Q \cos\delta \cos\text{sec}z$ (5.2.9)

Considerando que δ e z são diferentes de zero e que

$\frac{dA}{dH} = 0$, teremos:

$\cos Q=0$

isto é , $Q=90^\circ$ ou $Q=270^\circ$, o que implica em dizer que quando um astro está elongando, o triângulo de posição é retângulo no astro.

5.3. TEORIA DO MÉTODO

Representemos a esfera celeste projetada sobre o horizonte como mostra a figura (5.1):

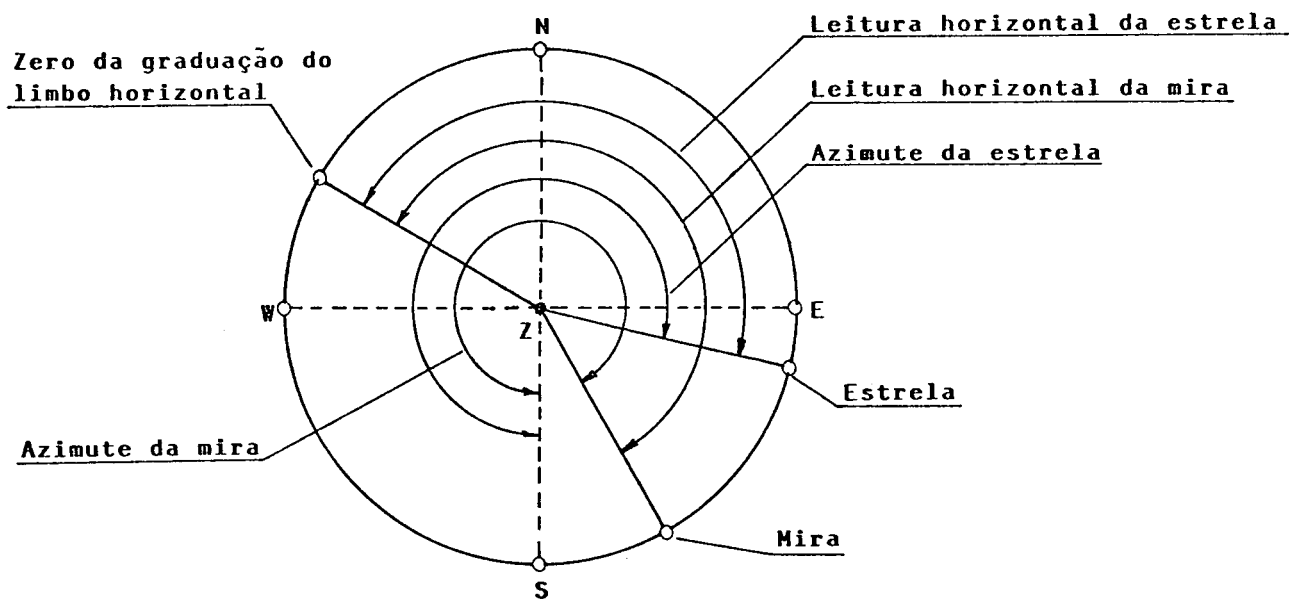


FIGURA (5.1). Determinação do azimute astronômico pelo método de estrela em elongação

Da figura (5.1) temos que:

$$A_{\text{MIRA}} = A_{\text{ESTRELA}} + (L_{\text{MIRA}} - L_{\text{ESTRELA}}) \quad (20) \quad (5.3.1)$$

Da analogia dos senos temos que:

$$\frac{\text{sen}(90^\circ - \phi)}{\text{sen}Q} = \frac{\text{sen}(90^\circ - \delta)}{\text{sen}(180^\circ - A)}$$

$$\frac{\cos\phi}{\text{sen}90^\circ} = \frac{\cos\delta}{\text{sen}A}$$

$$\text{sen}A = \cos\delta \sec\phi \quad (21) \quad (5.3.2)$$

Da análise da expressão (5.3.2) vemos que esta independe de qualquer observação e fornece o azimute rigoroso da estrela no instante da elongação, ficando a solução do problema para a leitura do limbo horizontal do teodolito no exato momento da elongação da estrela.

5.4. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA NO AZIMUTE DO ERRO EM ÂNGULO HORÁRIO

Tomemos a expressão (5.2.7):

$$\frac{dA}{dH} = \cos Q \text{ sen}A \cos \text{sech}$$

Como já vimos anteriormente, quando o astro está elongando, o seu ângulo paralático é reto. Assim podemos recorrer a regra de Maduit⁽²²⁾ para calcular o seu ângulo horário:

$$\cos H = \cotg[90^\circ - (90^\circ - \delta)] \cotg(90^\circ - \phi)$$

$$\cos H = \tg\phi \cotg\delta \quad (5.4.1)$$

(20) Considerando que o azimute astronômico é contado no sentido SWNE.

(21) O que implica, como já foi afirmado anteriormente, que para que haja elongação, $|\delta| > |\phi|$.

(22) Consultar GEMAEL, C. |11|.

Com o propósito de evitar valores inconvenientes, como mostram as expressões (5.3.2) e (5.4.1), estabelecemos, empiricamente, valores limites para as declinações das estrelas observadas⁽²³⁾. Assim, podemos calcular os valores máximos assumidos pelas parcelas $\text{sen}A$ e $\text{cos}H$ da expressão (5.2.7). Procuremos agora uma expressão que nos forneça a variação do ângulo paralático em relação a variação do ângulo horário. Tomemos a expressão (5.2.6):

$$\cos Q = \cos H \cos A + \sin H \sin A \sin \phi$$

Fazendo a diferenciação em relação a Q e H vem:

$$-\sin Q \, dQ = -\sin H \cos A \, dH + \cos H \sin A \sin \phi \, dH$$

$$\sin Q \, dQ = (\sin H \cos A - \cos H \sin A \sin \phi) dH$$

$$\frac{dQ}{dH} = \frac{\sin H \cos A - \cos H \sin A \sin \phi}{\sin Q} \quad (5.4.2)$$

Da analogia dos senos temos:

$$\frac{\sin Q}{\sin(90^\circ - \phi)} = \frac{\sin(180^\circ - A)}{\sin(90^\circ - \delta)}$$

$$\sin Q = \frac{\sin A \cos \phi}{\cos \delta} \quad (5.4.3)$$

Substituindo a (5.4.3) na (5.4.2) vem:

$$\frac{dQ}{dH} = (\sin H \cos A - \cos H \sin A \sin \phi) \frac{\cos \delta}{\sin A \cos \phi}$$

$$\frac{dQ}{dH} = (\sin H \cotg A \sec \phi - \cos H \tg \phi) \cos \delta \quad (5.4.4)$$

Para valores máximos dos termos que compõem a (5.4.4), um erro de 5s⁽²⁴⁾ no ângulo horário irá provocar uma alteração

(23) $-36^\circ < \delta < -78^\circ$, considerando a latitude da estação.

(24) O que é improvável, devido aos minuciosos cuidados quando das observações.

no ângulo paralático de:

$$dQ=\pm 00^{\circ}01'13''$$

Agora podemos retornar a expressão (5.2.7) e calcular a influência do ângulo horário no azimute. Para valores máximos de $\text{sen}A$ e $\text{cos}H$ e um erro de 5s em ângulo horário teremos:

$$dA=\pm 0,028''$$

Este valor é cerca de 10 vezes inferior à precisão exigida na determinação do azimute de primeira ordem, o que viabiliza o método de estrela em elongação na determinação astronômica do azimute de primeira ordem.

6. ELABORAÇÃO DOS PROGRAMAS DE OBSERVAÇÃO E TÉCNICAS DE OPERAÇÃO DOS MÉTODOS

A elaboração dos programas de observação de estrelas e as técnicas de operação dos métodos estudados fogem completamente ao escopo deste trabalho. Assim sendo, apresentamos aos leitores interessados, autores cujas obras tratam em riqueza de minudências tanto a elaboração dos programas de observação como as técnicas de operação dos métodos em questão.

Gostaríamos de lembrar que existem catálogos para a elaboração dos programas de observação para os três métodos a qui estudados que englobam todas as latitudes brasileiras e cujos usos são explicados com toda clareza nas suas partes iniciais. Porém, alguns desses catálogos possuem mais de 40 anos de existência, o que implica em precariedade dos elementos de calagem, devido a variação das coordenadas uranográficas das estrelas⁽²⁵⁾. Por essa razão, confeccionamos programas para a calculadora Hewlett-Packard 34C⁽²⁶⁾, tanto para a elaboração dos programas de observação como para o processamento dos valores observados, programas estes que são apresentados ao final deste trabalho. Estes programas dispensam o uso de catálogos, com exceção do método de Zinger, onde o catálogo serve apenas para fornecer o par de estrelas. Uma vez de posse do par, retiramos as coordenadas uranográficas atualizadas das estrelas de um anuário astronômico qualquer e as introduzimos no programa, que fornecerá os elementos de calagem.

(25) O leitor encontrará um estudo completo deste assunto em HATSCHBACH, F. |15|.

(26) Podemos facilmente transcrever estes programas para o Fortran, Basic, etc.

A seguir apresentamos algumas sugestões, onde o leitor encontrará em minúcias tanto a elaboração dos programas de observação como as técnicas de operação dos métodos.

6.1. LATITUDE POR STERNECK

. Catálogo:

. MENEZES, A.B. de |24|.

. Publicações:

. BOLLINA, J.A.T. |03|;

. CAMPOS, M. de A. |06|;

. GUTERRES, I.G. |13|.

6.2. LONGITUDE POR ZINGER

. Catálogos:

. BOLLINA, J.A.T. |04|;

. MATTOS, A.H. de |22|.

. Publicações:

. BOLLINA, J.A.T. |03|;

. MATTOS, A.H. de |21|;

. MÜLLER, H. |26|.

6.3. AZIMUTE POR ESTRELA EM ELONGAÇÃO

. Catálogo:

. COELHO, D.P. |08|.

. Publicações:

. GUTERRES, I.G. |13|;

. HATSHCBACH, F. |14|;

. SANTOS, W.J. dos |29|.

7. LOCAL DA ESTAÇÃO E INSTRUMENTAL UTILIZADO

7.1. LOCAL DA ESTAÇÃO

A estação cujas coordenadas foram determinadas, denominada estação IPEA II, está situada no Campus da Universidade Estadual Paulista, em Presidente Prudente, São Paulo. É um pilar de forma hexagonal, com 27 cm de lado e 125 cm de altura. A mira cujo azimute foi determinado é a lâmpada de sinalização da torre de transmissão da TV Globo, situada a aproximadamente 3 Km da estação.

7.2. INSTRUMENTAL UTILIZADO

7.2.1. Nas determinações de terceira ordem⁽²⁷⁾

- . teodolito Wild T2 - número 75.278;
- . prisma solar de Roelofs, da Wild - número 46.5;
- . rádio Transglobe da Philco;
- . relógio à quartzo digital da Casio;
- . altímetro - barômetro da Thommen - número 4.997;
- . psicrômetro.

7.2.2. Nas determinações de segunda ordem⁽²⁸⁾

- . teodolito Zeiss-Jena Theo 010-A - número 806.595;
- . rádio Transglobe da philco;
- . cronômetro à quartzo Golay Chronostat IV - número 70.028;
- . contador de segundo eletrônico digital da Heuer -

(27) O leitor encontrará um estudo sobre as determinações de terceira ordem em FRANCO, L.C.S. | 09 |.

(28) Os métodos utilizados foram os mesmos das determinações de primeira ordem.

- número 2.349;
- . relógio à quartzo digital da Casio;
- . altímetro-barômetro da Thommen - número 4.997;
- . psicrômetro.

7.2.3. Nas determinações de primeira ordem

- . teodolito astronômico-geodésico Zeiss-Jena Theo 002
- número 214.630;
- . micrômetro impessoal da Zeiss-Jena - número 494.920;
- . rádio Transglobe da Philco;
- . cronógrafo registrador Omega OTR-6 - número 131;
- . cronômetro à quartzo Golay Chronostat IV - número
70.028;
- . contador de segundo eletrônico digital da Heuer -
número 2.349;
- . relógio à quartzo digital da Casio;
- . altímetro-barômetro da Thommen - número 4.997;
- . psicrômetro;

7.2.4. Catálogos astronômicos utilizados

- . Anuário astronômico 1985 |18|;
- . Efemérides astronômicas 1985/1986 |27|.

8. RESULTADOS OBTIDOS

8.1. DETERMINAÇÃO DA LATITUDE PELO MÉTODO DE STERNECK (trêsnoites)

PAR	RESULTADO
1	-22° 07' 17,83"
2	18,68"
3	18,08"
4	17,99"
5	18,41"
6	18,50"
7	18,43"
8	18,52"
9	18,18"
10	18,42"
11	18,21"
12	17,77"
13	18,39"
14	19,16"
15	17,50"
16	17,24"
17	18,25"
18	17,54"
19	18,26"
20	17,53"
21	18,26"
22	18,95"
23	17,90"
24	18,92"
25	18,44"
26	18,19"
27	17,99"
28	17,23"
29	17,87"
MÉDIA	$\bar{\phi} = -22^{\circ} 07' 18,160''$
DESVIO PADRÃO DA MÉDIA	$\sigma_{\bar{\phi}} = 0,089''$
MÁXIMO ADMISSÍVEL	$\sigma_{\bar{\phi}} = 0,150''$

TABELA 8.1. - LATITUDES OBTIDAS

8.2. DETERMINAÇÃO DA LONGITUDE PELO MÉTODO DE ZINGER

8.2.1. Através do contador de segundo (stop watch)(duas noites)

PAR	RÉSTULTADO
1	-3h 25min 37,636s
2	38,300s
3	38,198s
4	37,234s
5	37,329s
6	37,348s
7	37,510s
8	37,291s
9	37,617s
10	37,699s
11	37,302s
12	37,345s
13	37,316s
14	37,529s
15	37,519s
16	37,127s
17	37,346s
18	37,176s
19	37,118s
20	37,285s
MÉDIA	$\overline{\lambda} = -3h\ 25min\ 37,461s$
DESVIO PADRÃO DA MÉDIA	$\sigma_{\overline{\lambda}} = 0,071s$
MÁXIMO ADMISSÍVEL	$\sigma_{\overline{\lambda}} = 0,01\ sec\ \phi\ s = 0,011s$

TABELA 8.2.1. - LONGITUDES OBTIDAS ATRAVÉS DO CONTA
DOR DE SEGUNDO E CRONÔMETRO

8.2.2. Através do micrômetro impessoal e cronógrafo registra
dor (três noites)

PAR	RESULTADO
1	-3h 25min 37,305s
2	37,015s
3	37,503s
4	37,742s
5	37,718s
6	37,901s
7	38,021s
8	38,277s
9	38,280s
10	38,354s
11	38,298s
12	38,544s
13	38,683s
14	38,682s
15	36,915s
16	37,110s
17	37,470s
18	37,595s
19	37,673s
20	37,882s
21	38,078s
22	37,995s
23	38,007s
24	38,377s
25	38,178s
26	37,250s
27	37,445s
28	37,564s
29	37,599s
30	37,392s
31	38,068s
32	37,798s
33	38,255s
34	38,221s

PAR	RESULTADO
35	-3h 25min 38,138s
36	38,236s
37	38,230s
MÉDIA	$\overline{\lambda} = -3h\ 25min\ 37,886s$
DESVIO PADRÃO DA MÉDIA	$\sigma_{\overline{\lambda}} = 0,075s$
MÁXIMO ADMISSÍVEL	$\sigma_{\overline{\lambda}} = 0,01\ sec\ \phi s = 0,011s$

TABELA 8.2.2. - LONGITUDES OBTIDAS ATRAVÉS DO MICRÔMETRO IMPESSOAL E CRONÓGRAFO REGISTRADOR.

8.3. DETERMINAÇÃO DO AZIMUTE PELO MÉTODO DE ESTRELA EM ELONGAÇÃO (três noites)

ESTRELA	ORIENTAÇÃO	RESULTADO
1	W	272° 25' 54,63"
2	W	51,92"
3	W	52,30"
4	W	52,72"
5	E	53,21"
6	W	55,26"
7	E	51,14"
8	W	50,22"
9	E	51,48"
10	E	52,43"
11	W	53,61"
12	W	53,49"
13	E	50,97"
14	W	53,55"
15	W	53,44"
16	W	53,73"
17	W	51,68"
18	W	53,60"
19	E	52,41"
20	W	50,31"
21	W	52,66"
22	W	52,06"
23	W	51,91"
24	W	54,24"
25	E	54,52"
26	W	55,20"
27	E	52,22"
28	W	51,22"
29	E	52,08"
30	E	53,37"
31	W	53,59"
32	W	53,33"
33	E	51,41"
34	W	55,48"
35	W	54,45"
36	W	53,00"

ESTRELA	ORIENTAÇÃO	RESULTADO
37	W	272° 25' 51,49"
38	W	52,74"
39	E	53,04"
40	W	50,53"
MÉDIA		$\overline{A}_M = 272^{\circ} 25' 52,766''$
DESVIO PADRÃO DA MÉDIA		$\sigma_{\overline{A}_M} = 0,215''$
MÁXIMO ADMISSÍVEL		$\sigma_{\overline{A}_M} = 0,300''$

TABELA 8.3. - AZIMUTES OBTIDOS

9. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

9.1. CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos, verificamos que quando dispomos de um hodierno e poderoso teodolito astronômico-geodésico, que é o caso do Zeiss-Jena Theo 002, é perfeitamente factível a obtenção de uma latitude astronômica de primeira ordem através do método de Sterneck e de um azimuth astronômico de primeira ordem através do método de estrela em elongação, métodos extremamente simples quando comparados com os métodos tradicionalmente utilizados nas determinações astronômicas de primeira ordem⁽²⁹⁾. Com relação à longitude, não obtivemos sucesso na tentativa de se conseguir uma longitude astronômica de primeira ordem através do método de Zinger⁽³⁰⁾. Cremos que um dos motivos do insucesso foi a falta de experiência do autor no manuseio do micrômetro impessoal, dispositivo de extrema sensibilidade e que exige grande habilidade do operador. Isto fica claro quando comparamos as tabelas 8.2.1. e 8.2.2., pois com a metade das observações obtivemos um resultado melhor através do método do cronômetro e contador de segundo⁽³¹⁾, procedimento próprio para as determinações de segunda ordem e precário quando comparado ao método do micrômetro

(29) Horrebow-Talcott para a latitude e σ Octantis para o azimuth.

(30) Logramos uma longitude de segunda ordem.

(31) O processo operatório é o seguinte: no exato momento da passagem da estrela pelo fio médio horizontal, dispara-se o contador de segundo. Sem perda de tempo, o operador dirige-se para o cronômetro, travando o contador de segundo quando o cronômetro estiver marcando um segundo terminado em zero ou cinco (regra prática). A leitura do cronômetro nesse instante menos os segundos lido no contador dará o tempo cronométrico da passagem da estrela pelo fio médio horizontal.

impessoal e cronógrafo registrador.⁽³²⁾

Gostaríamos de ressaltar que como estávamos intersados apenas na precisão dos resultados e não na exatidão⁽³³⁾ das coordenadas da estação, deixamos de efetuar algumas correções que apresentamos abaixo, correções estas que afetam a exatidão mas não alteram a precisão dos resultados. As correções não efetuadas foram:⁽³⁴⁾

a. Latitude e longitude:

- . correção devido ao movimento do pólo;
- . correção devida a curvatura da vertical.

b. Azimute:

- . correção devido ao movimento do pólo;
- . correção devida a curvatura da vertical;
- . correção devido ao desvio da normal.

As estrelas utilizadas em todas as observações foram extraídas das Efemérides Astronômicas 1985/1986⁽³⁵⁾, cujas coordenadas uranográficas estão referidas ao equador e equinócio verdadeiros da data e afetadas da precessão, nutação, aberração, paralaxe, movimento próprio, variação secular do movimento próprio e movimento orbital.

Os cuidados relativos as coordenadas uranográficas inerentes às determinações de primeira ordem foram tomadas ,

(32) Foram efetuadas 29 cronometragens automáticas através do micrômetro impessoal e cronógrafo registrador contra 1 cronometragem manual através do cronômetro e contador de segundo.

(33) Para uma perfeita compreensão do que seja precisão e exatidão, sugerimos que o leitor consulte MAGRO, F.H.S. | 20 |.

(34) Um estudo minucioso sobre estas correções é encontrado em MUELLER, I.I. | 25 |.

(35) Ver referência bibliográfica OBSERVATÓRIO NACIONAL. | 27 |.

(36)
viz.:

- . interpolação das coordenadas pelas segundas dife
renças;
- . correção das coordenadas da influência da nuta
ção em curto período;
- . correção das coordenadas do efeito da aberra
ção di
ria.

9.2. SUGESTÕES

1. Que se tente novamente a obtenção de uma longitu
de astronômica de primeira ordem pelo método de
Zinger através do Zeiss-Jena Theo 002;
2. Que se façam estas mesmas experiências com os teo
dolitos universais Wild T4 e Kern DKM3-A, princi
palmente com o Wild T4, instrumento de uso relati
vamente comum no Brasil;
3. Que se inquiria a aplicabilidade do Método dos Mí
nimos Quadrados à determinação da latitude astronô
mica através do método de Sterneck;⁽³⁷⁾
4. Que se investiguem métodos mais simples e adequa
dos as latitudes brasileiras para as determina
ções astronômicas de primeira ordem.⁽³⁸⁾

(36) Estas correções são necessárias, pois afetam a precisão
dos resultados.

(37) Apresentamos no Apêndice A, de forma bastante concisa, o
tratamento matemático adequado a aplicação do Método dos
Mínimos Quadrados ao método de Sterneck.

(38) Apenas como exemplo, apresentamos no Apêndice B uma nova
solução bastante simples para a determinação simultânea da
latitude e longitude astronômicas.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- |01|. ASTRONOMICHER RECHEN-INSTITUT. Apparent places of fundamental stars. Heidelberg, International Astronomical Union, Editado todos os anos. Paginação irregular.

- |02|. BOCZKO, R. Conceitos de astronomia. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 1984. 429 p.

- |03|. BOLLINA, J.A.T. Astronomia de campo. Curitiba, Divisão de Geografia, Terras e Colonização, 1964. 154 p.

- |04|. _____. Catálogo de pares de estrelas para a determinação da hora pelo método de Zinger. Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista, 1982. Paginação irregular.

- |05|. BOSS, B. General catalogue of 33,342 stars for the epoch 1950. First reprinting. Washington, Carnegie Institution of Washington, 1963. 5 volumes, paginação irregular.

- |06|. CAMPOS, M. de A. Análise e comparação dos resultados de observações obtidas com teodolitos Wild T2 e T4 para determinação da latitude astronômica de segunda ordem. Curitiba, 1979. 126 p. Tese, Mestrado. Universidade Federal do Paraná.

- |07|. CHAGAS, C.B. Astronomia geodésica. Segunda edição. Rio de Janeiro, Diretoria do Serviço Geográfico, 1965. 370p.

- |08|. COELHO, D.P. Elongações máximas. Subsídio ao problema da determinação do azimute. Rio de Janeiro, Escola de Geógrafos do Exército, 1940. 29 p.
- |09|. FRANCO, L.C.S. Determinação da latitude, longitude e azimute de uma direção terrestre por observação do Sol com emprego de sinais horários contínuos. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA. Anais do XII Congresso Brasileiro de Cartografia, volume 1. Brasília, Companhia do Desenvolvimento do Planalto Central, 1985. p. 77-103.
- |10|. GEMMEL, C. Astronomia esférica. 2ª parte. Primeira edição. Curitiba, Diretório Acadêmico do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, 1981. Paginação irregular.
- |11|. _____. Elementos de trigonometria esférica. Primeira edição. Curitiba, Diretório Acadêmico do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, 1981. Paginação irregular.
- |12|. _____. Introdução à astronomia esférica I. Primeira edição. Curitiba, Diretório Acadêmico do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, 1981. Paginação irregular.
- |13|. GUTERRES, I.G. Astronomia de posição II. Rio de Janeiro, Centro de Produção da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1977. 59 p.

- |14|. HATSCHBACH, F. Determinações astronômicas. Primeira edição. Curitiba, Diretório Acadêmico do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, 1981. 68 p.
- |15|. _____. Redução de coordenadas celestes e identificação de estrelas em catálogos gravados em fitas magnéticas. Programas em linguagem Fortran IV. Curitiba, 1975. 187 p. Tese, Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
- |16|. HEISKANEN, W.A. & MORITZ, H. Physical geodesy. San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1967. 364 p.
- |17|. HOSMER, G.L. Practical astronomy. Fourth edition. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1958. 355 p.
- |18|. INSTITUTO ASTRONÔMICO E GEOFÍSICO. Anuário astronômico 1985. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1984. 279 p.
- |19|. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1983. 11 p.
- |20|. MAGRO, F.H.S. Ajustamento de triangulações geodésicas pelo método de variação de coordenadas com e sem injunções iniciais. Curitiba, 1983. 118 p. Tese, Mestrado. Universidade Federal do Paraná.

- |21|. MATTOS, A.H. de. Astronomia de campo. Terceira Edição .
Rio de Janeiro, Editora F. Briguiet & Cia, 1940.184p.

- |22|. _____. Catálogo de pares de estrelas para a de
terminação da hora pelo método de Zinger. Segunda edi
ção. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia ,
1960. Paginação irregular.

- |23|. MELLO, M.P. de. Determinação do azimute geodésico por ob
servações celestes. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARTO
GRAFIA. Anais do VII Congresso Brasileiro de Cartogra
fia, Volume 1. Rio de Janeiro, Companhia Brasileira
de Artes Gráficas, 1975. p. 13-27.

- |24|. MENEZES, A.B. de. Catálogo de 3.825 pares de Sterneck. Se
gunda edição. Bahia, Livraria Científica, 1950.271 p.

- |25|. MUELLER, I.I. Spherical and practical astronomy as applied
to geodesy. Second printing. New York, Frederick Ungar
Publishing Co., 1977. 615 p.

- |26|. MÜLLER, H. Astronomical position, time and azimuth deter
minations with the Kern DKM 3-A. Aarau, Kern & Co. ,
1973. 86 p.

- |27|. OBSERVATÓRIO NACIONAL. Efemérides astronômicas 1985/1986.
Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico, 1984/1985. Paginação irregu
lar.

- |28|. ROBBINS, A.R. Field and geodetic astronomy. London, School of Military Survey, 1976. Paginação irregular.
- |29|. SANTOS, W.J. dos. Comparação de métodos para determinação do azimute de segunda ordem. Curitiba, 1979. 107 p. Tese, Mestrado .Universidade Federal do Paraná.
- |30|. SMITHSONIAN ASTROPHYSICAL OBSERVATORY. Star Catalogue. Positions and proper motions of 258,997 stars for the epoch and equinox of 1950,0. Washington, Smithsonian Astrophysical Observatory, 1966. 4 volumes, paginação irregular.
- |31|. TOURINHO, P.A.M: Tratado de astronomia. Curitiba, Gráfica Mundial Limitada, 1960. 2 volumes , 904 p.
- |32|. VEB CARL ZEISS-JENA. Instruction manual of Theo 002. Jena, Veb Carl Zeiss-Jena, 1981. 71 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A

APLICAÇÃO DO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS AO MÉTODO DE STERNECK

Neste apêndice procuramos apresentar uma solução alternativa ao cálculo da latitude astronômica através do método de Sterneck. Ao final, apresentamos o que julgamos de vantagem na aplicação do $M \cdot M \cdot Q$ em relação à solução clássica.

a. Formulário matemático^(A1)

$$F(L_a, X_a) = 0$$

$$AX + BV + W = 0$$

$$X = -(A^T M^{-1} A)^{-1} A^T M^{-1} W$$

$$X_a = X_o + X$$

onde:

$$A = \left. \frac{\partial F}{\partial X_a} \right|_{X_o}$$

$$B = \left. \frac{\partial F}{\partial L_a} \right|_{L_b}$$

$$W = F(L_b, X_o)$$

b. Equação de Sterneck

Tomemos a equação (3.2.7):

$$\phi = \frac{1}{2}(\delta_s + \delta_n) + \frac{1}{2}(z'_s - z'_n) + \frac{1}{2} \cdot FM \cdot CPT \cdot (tgz'_s - tgz'_n)$$

(A1) Um estudo pormenorizado sobre Ajustamento de Observações é encontrado em:

GEHAEL, C. Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas. Primeira edição. Curitiba, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 1984.

ou

$$2\phi - \delta_s - \delta_n - z'_s + z'_n - FM.CPT.(tgz'_s - tgz'_n) = 0$$

Façamos $K = FM.CPT$ e consideremos como parâmetros a serem determinados ϕ e $K^{(A2)}$. Então:

$$2\phi - \delta_s - \delta_n - z'_s + z'_n - K(tgz'_s - tgz'_n) = 0$$

o que caracteriza uma expressão do tipo $F(L_a, X_a) = 0$

c. Matriz A

Os elementos da matriz A são as derivadas parciais da função em relação aos parâmetros. Então:

$$\frac{\partial f_i}{\partial \phi} = 2$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial K} = tgz'_{ni} - tgz'_{si}$$

O padrão da matriz A será dado por:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} 2 & tgz'_{n1} - tgz'_{s1} \\ 2 & tgz'_{n2} - tgz'_{s2} \\ 2 & tgz'_{n3} - tgz'_{s3} \\ . & . \\ . & . \\ . & . \\ 2 & tgz'_{ni} - tgz'_{si} \end{matrix} \\ \begin{matrix} n \\ \\ \\ \\ \\ \\ 2 \end{matrix} & \end{matrix}$$

(A2) Neste caso estamos considerando CPT constante para um conjunto de observações. Isto é válido para regiões de alta estabilidade atmosférica, isto é, para regiões onde não ocorram variações significativas de pressão e temperatura por um intervalo de 3h, tempo mais do que suficiente para a observação de um conjunto de pares de Sterneck (10 pares em média). Este é o caso de Presidente Prudente, onde as observações apresentadas neste trabalho foram efetuadas.

onde:

- . n é o número de linhas, igual ao número de pares observados (n=1, 2, 3, ..., i);
- . 2 é o número de colunas.

d. Matriz B

Os elementos da matriz B são as derivadas parciais da função em relação aos valores observados. Então:

$$\frac{\partial f_i}{\partial z'_{si}} = -1-k \sec^2 z'_{si}$$
$$\frac{\partial f_i}{\partial z'_{ni}} = 1+k \sec^2 z'_{ni}$$

O padrão da matriz B será dado por:^(A3)

B =

-1-Ksec ² z' _{si}	1+Ksec ² z' _{ni}	0	0	.	.	.	0	0
0	0	-1-Ksec ² z' _{s₂}	1+Ksec ² z' _{n₂}	.	.	.	0	0
.
.
.
0	0	0	0	.	.	.	-1-Ksec ² z' _{si}	1+Ksec ² z' _{ni}

n 2n

(A3) Para regiões de alta instabilidade atmosférica, teremos uma CPT diferente para cada par observado. Neste caso teríamos que substituir CPT pela sua expressão correspondente:

$$CPT = \frac{P}{P_o} \cdot \frac{1+\alpha T_o}{1+\alpha T}$$

onde:

P_o → pressão de referência

T_o → temperatura de referência

P → pressão qualquer

T → temperatura qualquer

α → coeficiente de dilatação volumétrica dos gases

Nesta situação o segundo parâmetro a ser determinado seria FM e não K.

Então:

$$\frac{\partial f_i}{\partial FM} = CPT(tgz'_{ni} - tgz'_{si})$$

Por sua vez, o padrão da matriz B seria alterado, pois teríamos que fazer as derivadas parciais em relação aos novos valores observados (∂f_i/∂P_i e ∂f_i/∂T_i).

onde:

. \underline{n} é o número de linhas, igual ao número de pares observados ($n=1, 2, 3, \dots, i$);

. $\underline{2n}$ é o número de colunas, igual ao número de estrelas observadas.

e. Matriz P

Considerando que vamos ajustar um conjunto de observações efetuadas em um mesmo dia, com o mesmo instrumento e observador, portanto sob idênticas condições, podemos assumir para P a matriz identidade.

f. Vetor W

O vetor W é dado por:

$$W = F(Lb, X_0)$$

O seu padrão será dado por:

$$W = \begin{vmatrix} 2\phi_0 - \delta_{s1} - \delta_{n1} - z'_{s1} + z'_{n1} - K_0(tgz'_{s1} - tgz'_{n1}) \\ 2\phi_0 - \delta_{s2} - \delta_{n2} - z'_{s2} + z'_{n2} - K_0(tgz'_{s2} - tgz'_{n2}) \\ 2\phi_0 - \delta_{s3} - \delta_{n3} - z'_{s3} + z'_{n3} - K_0(tgz'_{s3} - tgz'_{n3}) \\ \vdots \\ 2\phi_0 - \delta_{si} - \delta_{ni} - z'_{si} + z'_{ni} - K_0(tgz'_{si} - tgz'_{ni}) \end{vmatrix} \begin{matrix} n \\ 1 \end{matrix}$$

onde , de modo similar as matrizes A e B, \underline{n} é o número de linhas, igual ao número de pares observados ($n=1,2,3,\dots,i$).

g. Valores aproximados dos parâmetros

. Latitude

Para a latitude podemos usar como valor aproximado o

valor utilizado na elaboração do programa de observação (geralmente uma latitude de terceira ou segunda ordem).

. K

Neste trabalho estamos considerando a seguinte expressão para a obtenção da refração média:

$$R_m = FM \cdot \text{tg} z' \quad (A4)$$

Para valores extremos de pressão e temperatura^(A5), CPT possuirá a seguinte variação:

$$0,786 < CPT < 1,127$$

Tomando os valores aproximados de $FM=55,5''$ e $CPT=1$, podemos utilizar o seguinte valor aproximado para K:

$$K_0=55,5''$$

h. Vantagens da aplicação do M . M . Q . ao método de Sterneck

1. A não necessidade da adoção de um valor médio para FM;
2. A não necessidade da consulta de uma tabela de dupla entrada para a obtenção da CPT;
3. A não necessidade da leitura de um barômetro e psicrômetro, fontes de inevitáveis erros.^(A6)

(A4) A refração média é melhor expressa, como demonstra CHAGAS, C.B. [07], por:

$$R_m = FM_1 \cdot \text{tg} z' - FM_2 \cdot \text{tg}^3 z'$$

Como no método de Sterneck observamos estrelas com distâncias zenitais inferiores a 45° , o termo $FM_2 \cdot \text{tg}^3 z'$ assume valores insignificantes, de modo que podemos considerá-lo.

(A5) $630\text{mmHg} < P < 780\text{mmHg}$ e $-5^\circ\text{C} < T < 35^\circ\text{C}$

(A6) Considerando as notas de rodapé (A2) e (A3).

APÊNDICE B

UMA NOVA SOLUÇÃO PARA A DETERMINAÇÃO SIMULTÂNEA DA LATITUDE E
LONGITUDE DE PRECISÃO POR OBSERVAÇÕES DE ESTRELAS EM UM MESMO
ALMICANTARADO.

DETERMINAÇÃO SIMULTÂNEA DA LATITUDE E LONGITUDE ATRAVÉS DA OB
SERVAÇÃO DE ESTRELAS EM UM MESMO ALMICANTARADO^(B1)

Consideremos o seguinte sistema de coordenadas retan
gulares:

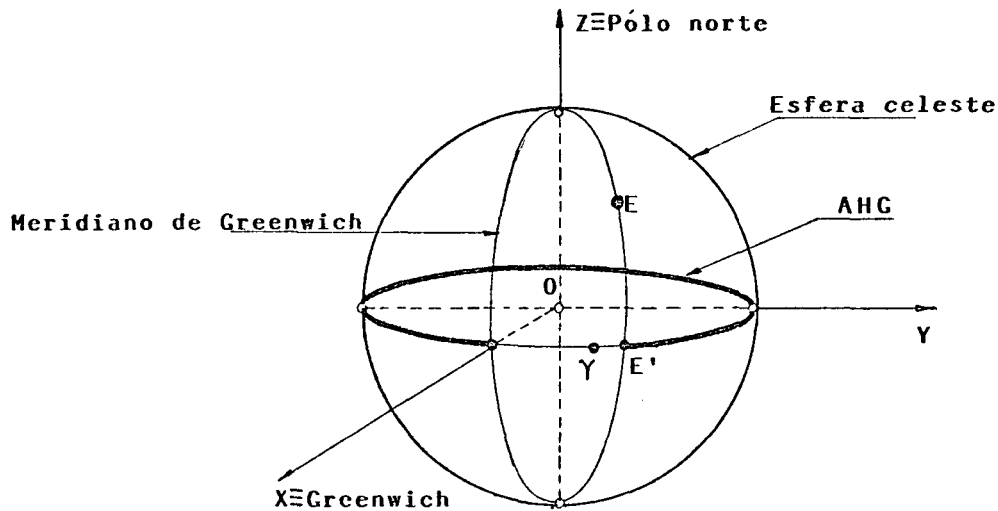


FIGURA (B.1)

onde:

- 0 → origem do sistema no centro da esfera celeste ,
coincidente com a Terra;
- Z → coincide com o eixo do mundo, orientado segundo
o pólo norte;
- X → coincide com a intersecção do equador celeste com
o meridiano de Greenwich, orientado segundo o me
ridiano de Greenwich;
- Y → completa um sistema dextrogiro.

(B1) KIVIOJA, L.A. & MIHALKO, J.A. New method for reduction of
astrolabe observations using rectangular coordinates
on the celestial sphere. Bulletin Géodésique. Paris, Vo
lume 59, número 4, p. 391-395. 1985.

Da Equação Fundamental da Astronomia de Posição em relação a estrela E temos [ver figura (B.1)]:

$$S_G = AHG + \alpha_E$$

onde:

$S_G \rightarrow$ hora sideral de Greenwich;

$AHG \rightarrow$ ângulo horário da estrela E em relação ao meridiano de Greenwich;

$\alpha_E \rightarrow$ ascensão reta da estrela E.

Então:

$$AHG = S_G - \alpha_E \tag{B.1}$$

As coordenadas retangulares da estrela E, considerando a esfera celeste com raio unitário, serão:

$$X = \cos\delta_E \cos(360^\circ - AHG)$$

$$Y = \cos\delta_E \sin(360^\circ - AHG)$$

$$Z = \sin\delta_E$$

ou

$$X = \cos\delta_E \cos AHG$$

$$Y = -\cos\delta_E \sin AHG \tag{B.2}$$

$$Z = \sin\delta_E$$

Consideremos agora a seguinte configuração geométrica:

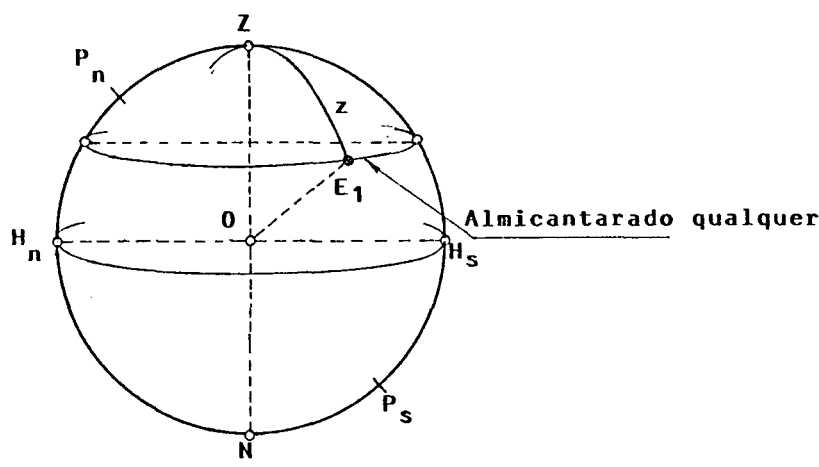


FIGURA (B.2)

onde o zênite possui coordenadas retangulares X_z , Y_z e Z_z e a estrela E_1 , X_1 , Y_1 e Z_1 . Da Geometria Analítica temos:

$$\cos z = X_1 X_z + Y_1 Y_z + Z_1 Z_z \quad (B.2)$$

Se observarmos \underline{n} estrelas em um mesmo almicantarado teremos:

$$\cos z = X_1 X_z + Y_1 Y_z + Z_1 Z_z$$

$$\cos z = X_2 X_z + Y_2 Y_z + Z_2 Z_z$$

$$\cos z = X_3 X_z + Y_3 Y_z + Z_3 Z_z \quad (B.3)$$

$$\begin{array}{ccc} \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \end{array}$$

$$\cos z = X_n X_z + Y_n Y_z + Z_n Z_z$$

de modo que podemos formar \underline{n} equações a 3 incógnitas, o que proporciona uma solução através do M.M.Q.

A hora sideral de Greenwich (S_G) no instante em que a estrela corta o almicantarado é obtida através de cronometragens:

$$S_G = S_o + (H_L - FUSO) \times 1,002\,737\,909$$

onde:

S_o → hora sideral de Greenwich à 0h TE, fornecida pelo Anuário Astronômico do IAG/USP.

H_L → hora legal no exato trânsito da estrela através do almicantarado.

De posse de S_{G1} , S_{G2} , S_{G3} , ... S_{Gn} , ficamos aptos a obter X_1 , Y_1 , Z_1 , X_2 , Y_2 , Z_2 , ... X_n , Y_n , Z_n , através das equações (B.1) e (B.2) e então podemos formar as equações (B.3).

Devido aos erros acidentais oriundos das observações,

(B.2) Considerando a esfera celeste de raio unitário.

a equação da esfera celeste não será satisfeita:

$$(X_Z^2 + Y_Z^2 + Z_Z^2)^{\frac{1}{2}} \neq 1$$

Para satisfazer esta condição, aplicamos o seguinte fator de escala:

$$X_Z^* = X_Z / (X_Z^2 + Y_Z^2 + Z_Z^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$Y_Z^* = Y_Z / (X_Z^2 + Y_Z^2 + Z_Z^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$Z_Z^* = Z_Z / (X_Z^2 + Y_Z^2 + Z_Z^2)^{\frac{1}{2}}$$

Consideremos agora a seguinte figura:

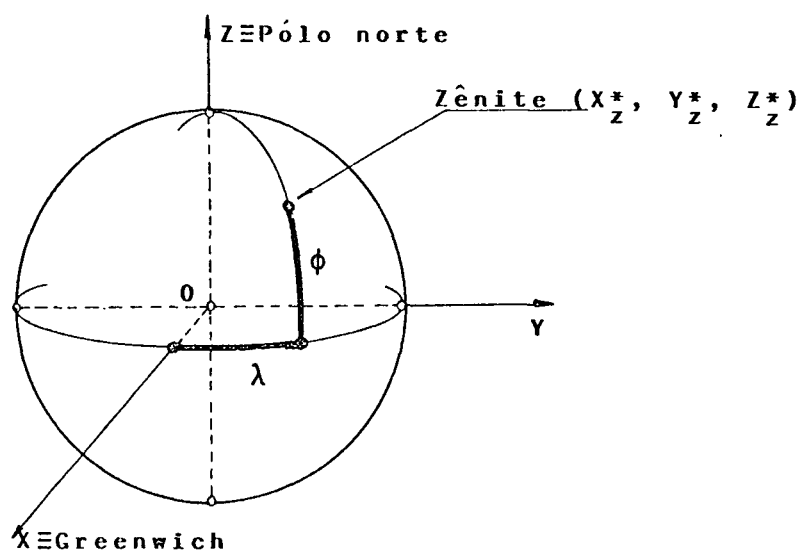


FIGURA (B.3)

Da figura temos:

$$X_Z^* = \cos \phi \cos \lambda$$

$$Y_Z^* = \cos \phi \sin \lambda$$

$$Z_Z^* = \sin \phi$$

Então:

$$\phi = \arctan [Z_Z^* / (X_Z^{*2} + Y_Z^{*2})^{\frac{1}{2}}]$$

$$\lambda = \arctan (Y_Z^* / X_Z^*)$$

APÊNDICE C

PROGRAMAS PARA O CÁLCULO DA LATITUDE, LONGITUDE E AZIMUTE PE
LOS MÉTODOS DE STERNECK, ZINGER E ESTRELA EM ELONGAÇÃO RESPEC
TIVAMENTE - CALCULADORA HEWLETT-PACKARD 34C.

APÊNDICE C.1

PROGRAMA PARA O CÁLCULO DA LATITUDE PELO MÉTODO DE STERNECK

INSTRUÇÕES PARA O USO DO PROGRAMA

Memórias utilizadas:

STO 0 - Correção de pressão e temperatura (CPT) - Efemérides Astronômicas do Observatório Nacional;

STO 1 - 0,015 408 091.

Execução do programa:

1. Introduzir a declinação da estrela de culminação ao norte do zênite (δ_n) na pilha operacional T;
2. Introduzir a declinação da estrela de culminação ao sul do zênite (δ_s) na pilha operacional Z;
3. Introduzir a leitura zenital da estrela de culminação ao norte do zênite (ZDN) na pilha operacional Y;
4. Introduzir a leitura zenital da estrela de culminação ao sul do zênite (ZDS) na pilha operacional X;
5. Executar o programa.

Observação:

Introduzir os valores sexagesimais como se fossem decimais.

Exemplo: $41^\circ 12' 38,27'' \rightarrow 41,123827$

LINHA	COMANDO
1	h LBL A
2	$g \rightarrow H$
3	STO 2
4	f TAN
5	$x \geq y$
6	$g \rightarrow H$
7	STO 3
8	f TAN
9	-
10	RCL 0
11	X
12	RCL 1
13	X
14	STO 4
15	$g \rightarrow R \downarrow$
16	$g \rightarrow H$
17	$x \geq y$
18	$g \rightarrow H$
19	+
20	RCL 2
21	RCL 3
22	-
23	RCL 4
24	+
25	+
26	2
27	\div
28	$f \rightarrow H.MS$
29	h RTN

[illegible][illegible][illegible]

APÊNDICE C.2.1.

PROGRAMA PARA O CÁLCULO DA LONGITUDE PELO MÉTODO DE ZINGER COM
O USO DE CRONÔMETRO SIDERAL. FÓRMULA RIGOROSA.

INSTRUÇÕES PARA O USO DO PROGRAMA

Memórias utilizadas:

STO.0 - T_o

STO.1 - EG_o

STO.2 - δT

STO 0 - ϕ

STO 1 - α_e

STO 2 - α_w

STO 3 - δ_e

STO 4 - δ_w

STO 5 - T_e

STO 6 - T_w

Execução do programa:

Depois que os valores forem armazenados, executar o
programa.

LINHA	COMANDO
1	h LBL A
2	RCL 5
3	\rightarrow H
4	RCL 6
5	\rightarrow H
6	-
7	RCL 1
8	\rightarrow H
9	RCL 2
10	\rightarrow H
11	-
12	-
13	2
14	\div
15	1
16	5
17	X
18	STO 7
19	RCL 3
20	\rightarrow H
21	RCL 4
22	\rightarrow H
23	-
24	2
25	\div
26	STO 8
27	RCL 3
28	\rightarrow H
29	RCL 4
30	\rightarrow H
31	+
32	2

LINHA	COMANDO
33	\div
34	f TAN
35	$x \geq y$
36	f TAN
37	X
38	$x \geq y$
39	f TAN
40	\div
41	$g \text{ TAN}^{-1}$
42	STO 9
43	f COS
44	RCL 0
45	$g \rightarrow H$
46	f TAN
47	RCL 8
48	f TAN
49	X
50	X
51	RCL 7
52	f SIN
53	\div
54	$g \text{ SIN}^{-1}$
55	RCL 9
56	-
57	1
58	5
59	\div
60	RCL 1
61	$g \rightarrow H$
62	RCL 2
63	$g \rightarrow H$
64	+

LINHA	COMANDO
65	RCL 5
66	$g \rightarrow H$
67	RCL 6
68	$g \rightarrow H$
69	+
70	-
71	2
72	\div
73	+
74	RCL 5
75	$g \rightarrow H$
76	RCL 6
77	$g \rightarrow H$
78	+
79	2
80	\div
81	RCL.0
82	$g \rightarrow H$
83	f $x \leq y$
84	GTO B
85	$x \geq y$
86	2
87	4
88	+
89	$x \geq y$
90	h LBL B
91	-
92	RCL.2
93	$g \rightarrow H$
94	X
95	RCL.1
96	$g \rightarrow H$

[illegible]

APÊNDICE C.2.2.

PROGRAMA PARA O CÁLCULO DA LONGITUDE PELO MÉTODO DE ZINGER COM O USO DE SINAIS HORÁRIOS CONTÍNUOS. FÓRMULA APROXIMADA.

INSTRUÇÕES PARA O USO DO PROGRAMA

Memórias utilizadas:

STO.0 - ϕ

STO.1 - S_0

STO.2 - FUSO

STO 0 - 1,002 737 909

STO 1 - α_e

STO 2 - α_w

STO 3 - δ_e

STO 4 - δ_w

STO 5 - H_{LE}

STO 6 - H_{LW}

Execução do programa:

Depois que os valores forem armazenados, executar o programa.

LINHA	COMANDO
1	h LBL A
2	RCL 1
3	g→H
4	RCL 2
5	g→H
6	-
7	RCL 5
8	g→H
9	RCL 6
10	g→H
11	-
12	RCL 0
13	X
14	-
15	2
16	÷
17	STO 7
18	RCL 3
19	g→H
20	RCL 4
21	g→H
22	+
23	2
24	÷
25	RCL.0
26	g→H
27	f TAN
28	RCL 7
29	1
30	5
31	X
32	STO 8

LINHA	COMANDO
33	f SIN
34	\div
35	$x \geq y$
36	f TAN
37	RCL 8
38	f TAN
39	\div
40	-
41	RCL 3
42	$g \rightarrow H$
43	RCL 4
44	$g \rightarrow H$
45	-
46	X
47	3
48	0
49	\div
50	RCL 7
51	+
52	RCL 1
53	$g \rightarrow H$
54	$x \geq y$
55	-
56	RCL 5
57	$g \rightarrow H$
58	RCL.2
59	-
60	RCL 0
61	X
62	RCL.1
63	$g \rightarrow H$
64	+

[illegible][illegible]

APÊNDICE C.3

PROGRAMA PARA O CÁLCULO DO AZIMUTE PELO MÉTODO DE ESTRELA EM ELONGAÇÃO.

INSTRUÇÕES PARA O USO DO PROGRAMA

Memórias utilizadas:

STO 1 - Leitura da mira em PD(LM)

STO 2 - Erro de colimação (C)

STO 3 - δ

STO 4 - ϕ

STO 5 - Zero(0) se a estrela elongou à oeste e um(1)
se a estrela elongou à este

STO 6 - 0,000032

Execução do programa:

1. Introduzir a leitura horizontal (PD) da estrela no instante da elongação (LA') na pilha operacional X;
2. Executar o programa.

LINHA	COMANDO
1	h LBL A
2	$g \rightarrow H$
3	RCL 2
4	$g \rightarrow H$
5	+
6	RCL 1
7	$g \rightarrow H$
8	$x \geq y$
9	-
10	RCL 4
11	$g \rightarrow H$
12	f TAN
13	RCL 3
14	$g \rightarrow H$
15	f TAN
16	\div
17	$g \cos^{-1}$
18	f SIN
19	RCL 3
20	$g \rightarrow H$
21	f SIN
22	X
23	RCL 4
24	$g \rightarrow H$
25	f COS
26	X
27	RCL 6
28	$g \rightarrow H$
29	X
30	RCL 3
31	$g \rightarrow H$
32	+

[illegible][illegible][illegible]

APÊNDICE D

PROGRAMAS PARA O CÁLCULO DOS ELEMENTOS DE CALAGEM PARA OS MÉTODOS DE STERNECK, ZINGER E ESTRELA EM ELONGAÇÃO - CALCULADORA HEWLETT-PACKARD 34C.

APÊNDICE D.1

PROGRAMA PARA O CÁLCULO DO ELEMENTO DE CALAGEM PARA A DETERMI
NAÇÃO DA LATITUDE PELO MÉTODO DE STERNECK.

INSTRUÇÕES PARA O USO DO PROGRAMA

Memórias utilizadas:

STO 0 - 0,015 408

STO 1 - Latitude aproximada (ϕ_0)

Execução do programa:

1. Introduzir a declinação da estrela na pilha opera
cional X;
2. Executar o programa.

Observação:

O programa fornecerá a distância zenital da estrela na sua passagem meridiana.

[illegible][illegible][illegible][illegible]

APÊNDICE D.2

PROGRAMA PARA O CÁLCULO DOS ELEMENTOS DE CALAGEM PARA A DETERMINAÇÃO DA LONGITUDE PELO MÉTODO DE ZINGER.

INSTRUÇÕES PARA O USO DO PROGRAMA

Memórias utilizadas:

STO 0 - ϕ
 STO 1 - $\delta = 0,5(\delta_e + \delta_w)$
 STO 2 - $\Delta\delta = 0,5(\delta_e - \delta_w)$
 STO 3 - $\alpha = 0,5(\alpha_e + \alpha_w)$
 STO 4 - $\Delta\alpha = 0,5(\alpha_e - \alpha_w)$
 STO 5 - α_e
 STO 6 - α_w
 STO 7 - δ_e
 STO 8 - δ_w
 STO 9 - 0,05
 STO.0 - 15

Execução do programa:

Depois que todos os valores forem armazenados, executar o programa.

Observações:

1. Todos os valores sexagesimais deverão ser convertidos para a base decimal antes de serem armazenados;

2. O programa fornecerá seqüencialmente os seguintes elementos:

1. Hora sideral da estrela à este;
2. Hora sideral da estrela à oeste;
3. Declinação comum às duas estrelas;
4. Azimute da estrela à este;
5. Azimute da estrela à oeste.

LINHA	COMANDO
1	h LBL A
2	RCL 0
3	f TAN
4	RCL 1
5	f TAN
6	RCL 4
7	0
8	.
9	1
10	-
11	RCL .0
12	X
13	STO .1
14	f COS
15	X
16	-
17	RCL .1
18	f SIN
19	\div
20	RCL 2
21	RCL .0
22	\div
23	X
24	RCL 3
25	$x \geq y$
26	-
27	STO .2
28	RCL 9
29	-
30	f \rightarrow H.MS
31	R/S
32	RCL .2

LINHA	COMANDO
33	RCL 9
34	+
35	f→H.MS
36	R/S
37	g→H
38	RCL 6
39	-
40	RCL .0
41	X
42	f COS
43	RCL 8
44	f COS
45	X
46	RCL 0
47	f COS
48	X
49	RCL 8
50	f SIN
51	RCL 0
52	f SIN
53	X
54	+
55	g COS ⁻¹
56	STO .3
57	f→ H.MS
58	R/S
59	RCL 7
60	GSB 0
61	3
62	6
63	0
64	x≥y

[illegible][illegible]

APÊNDICE D.3

PROGRAMA PARA O CÁLCULO DOS ELEMENTOS DE CALAGEM PARA A DETERMINAÇÃO DO AZIMUTE PELO MÉTODO DE ESTRELA EM ELONGAÇÃO.

INSTRUÇÕES PARA O USO DO PROGRAMA

Memórias utilizadas:

STO 0 - 0,015 408

STO 1 - ϕ

STO 2 - δ

STO 3 - α

STO 4 - zero(0) para elongação à oeste e um (1) para elongação a este

Execução do programa:

Depois que os valores forem armazenados, executar o programa.

Observação:

O programa fornecerá seqüencialmente os seguintes elementos:

1. Hora sideral da elongação;
2. Azimute da estrela;
3. Distância zenital da estrela.

LINHA	COMANDO
1	h LBL A
2	RCL 1
3	g→H
4	f TAN
5	RCL 2
6	g→H
7	STO 2
8	f TAN
9	÷
10	g COS ⁻¹
11	1
12	5
13	÷
14	RCL 4
15	g x=0
16	GTO 0
17	GSB 1
18	GTO 2
19	h LBL 0
20	g R↓
21	RCL 3
22	g→H
23	+
24	f→H.MS
25	h LBL 2
26	R/S
27	RCL 2
28	f COS
29	RCL 1
30	g→H
31	f COS
32	÷

LINHA	COMANDO
33	$g \sin^{-1}$
34	RCL 4
35	$g \ x=0$
36	GTO 3
37	GSB 4
38	GTO 5
39	h LBL 3
40	$g \ R\downarrow$
41	$f \rightarrow H.MS$
42	h LBL 5
43	R/S
44	RCL 1
45	$g \rightarrow H$
46	f SIN
47	RCL 2
48	f SIN
49	\div
50	$g \cos^{-1}$
51	ENTER \uparrow
52	f TAN
53	RCL 0
54	X
55	-
56	$f \rightarrow H.MS$
57	h RTN
58	h LBL 1
59	$g \ R\downarrow$
60	RCL 3
61	$g \rightarrow H$
62	$x \geq y$
63	$f x \leq y$
64	GTO 6

[illegible][illegible]

APÊNDICE E

PROGRAMAS AUXILIARES - CALCULADORA HEWLETT-PACKARD 34C.

APÊNDICE E.1

PROGRAMA PARA A INTERPOLAÇÃO PELAS SEGUNDAS DIFERENÇAS

FÓRMULA: $f_n = f_0 + n\Delta_0' + B''(\Delta_0'' + \Delta_1'')$

INSTRUÇÕES PARA O USO DO PROGRAMA

Memórias utilizadas:

STO 1 - f_{-1}

STO 2 - f_0

STO 3 - f_1

STO 4 - f_2

STO 5 - n

Execução do programa:

Depois que todos os valores forem armazenados, execu
tar o programa.

LINHA	COMANDO
1	h LBL A
2	RCL 2
3	RCL 1
4	-
5	RCL 3
6	RCL 2
7	-
8	STO 0
9	$x \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} y$
10	-
11	RCL 4
12	RCL 3
13	-
14	RCL 0
15	-
16	+
17	RCL 5
18	1
19	-
20	RCL 5
21	X
22	4
23	\div
24	X
25	RCL 0
26	RCL 5
27	X
28	+
29	RCL 2
30	+
31	h RTN

[illegible][illegible][illegible]

APÊNDICE E.2

PROGRAMA PARA A TRANSFORMAÇÃO DA HORA SIDERAL EM HORA LEGAL

FÓRMULA: $H_L = [S - (S_0 - \lambda FC1)] FC2 - \lambda + FUSO$

INSTRUÇÕES PARA O USO DO PROGRAMA

Memórias utilizadas:

STO 1 - S_0

STO 2 - FUSO

STO 3 - λ

STO 4 - $FC1 = 0,002\ 737\ 909$

STO 5 - $FC2 = 0,997\ 269\ 656$

Execução do programa:

1. Introduzir a hora sideral (S) na pilha operacio
nal X;
2. Executar o programa.

LINHA	COMANDO
1	h LBL A
2	$g \rightarrow H$
3	RCL 1
4	$g \rightarrow H$
5	$f x \leq y$
6	GTO B
7	$x \overset{>}{<} y$
8	2
9	4
10	+
11	$x \overset{>}{<} y$
12	h LBL B
13	RCL 3
14	$g \rightarrow H$
15	RCL 4
16	X
17	-
18	-
19	RCL 5
20	X
21	RCL 3
22	$g \rightarrow H$
23	-
24	RCL 2
25	+
26	$f \rightarrow H . MS$
27	h RTN

[illegible][illegible][illegible]

APÊNDICE E.3

PROGRAMA PARA A TRANSFORMAÇÃO DE HORA LEGAL EM HORA SIDERAL

FÓRMULA: $S = S_o + M + (M - \lambda) FC$

onde:

$$M = H_L + \lambda - F$$

INSTRUÇÕES PARA O USO DO PROGRAMA

Memórias utilizadas:

STO 1 - S_o

STO 2 - FUSO

STO 3 - λ

STO 4 - $FC = 0,002\,737\,909$

Execução do programa:

1. Introduzir a hora legal (H_L) na pilha operacional
X;
2. Executar o programa.

APÊNDICE F

REGISTROS DE OBSERVAÇÕES

REGISTRO DE OBSERVAÇÕES - LATITUDE POR STERNECK

Data: 29.Agosto.1985 Estação: IPEA II Instrumento: THEO 002

 $\varphi_0 = -22^{\circ}07'17,74''$ H_L do início das observações: 19h 00min

S correspondente: 17h 06min 34s

 $\lambda_0 = -3h 25min 37,55s$

PAR	ESTRELA	MAG.	ASCENSÃO RETA	DECLINAÇÃO	DISTÂNCIA ZENITAL	ORIEN- TAÇÃO	HORA LE GAL	LEITURA ZENITAL
1	ETA SCO	3.3	17h 11min 06,8s	-43°13'29"	21° 06'	SUL	19h 04min 32s	21° 08' 40,90"
	27 H. OPH	4.5	17h 25min 51,8s	-05°04'29"	17° 03'	NORTE	19h 19min 15s	17° 05' 21,30"
2	UPSILON SCO	2.7	17h 29min 46,8s	-37°17'19"	15° 10'	SUL	19h 23min 09s	15° 12' 36,45"
	NI OPH	3.4	17h 58min 14,0s	-09°46'25"	12° 21'	NORTE	19h 51min 32s	12° 23' 32,95"
3	TETA SCO	2.0	17h 36min 16,8s	-43°59'36"	20° 52'	SUL	19h 29min 38s	20° 54' 48,25"
	GAHA OPH	3.6	17h 47min 10,2s	-02°42'44"	24° 50'	NORTE	19h 40min 30s	24° 52' 27,90"
4	KAPA SCO	2.4	17h 41min 29,3s	-39°01'37"	16° 54'	SUL	19h 34min 50s	16° 56' 53,80"
	ETA SER	3.3	18h 20min 34,0s	-02°54'13"	19° 13'	NORTE	20h 13min 48s	19° 15' 37,10"
5	GAHA SER	3.0	18h 04min 53,0s	-30°25'40"	08° 18'	SUL	19h 58min 10s	08° 21' 06,45"
	GAHA SCT	4.6	18h 28min 22,7s	-14°34'38"	07° 33"	NORTE	20h 21min 35s	07° 35' 26,25"
6	EPSILON TEL	4.5	18h 10min 09,8s	-45°57'42"	23° 50'	SUL	20h 03min 26s	23° 52' 51,85"
	TETA SER P	4.4	18h 55min 30,5s	04°11'03"	26° 18'	NORTE	20h 48min 39s	26° 20' 47,10"
7	ETA SGR	3.1	18h 16min 39,3s	-36°46'12"	14° 39'	SUL	20h 09min 54s	14° 41' 32,30"
	ALFA SCT	4.0	18h 34min 25,6s	-08°15'20"	13° 52'	NORTE	20h 27min 37s	13° 54' 37,00"
8	DELTA STC	4.6	18h 41min 29,3s	-09°04'05"	13° 03'	NORTE	20h 34min 40s	13° 05' 53,40"
	ALFA CRA	4.0	19h 08min 30,2s	-37°55'51"	15° 48'	SUL	21h 01min 36s	15° 51' 09,10"
9	BETA SCT	4.4	18h 46min 24,9s	-04°45'52"	17° 21'	NORTE	20h 39min 35s	17° 24' 01,85"
	ALFA SGR	4.0	19h 22min 54,1s	-40°38'49"	18° 31'	SUL	21h 15min 58s	18° 34' 05,70"
10	HI AQL	4.6	19h 33min 23,6s	07°20'52"	29° 28'	NORTE	21h 26min 26s	29° 30' 33,00"
	KSI TEL	4.8	20h 06min 18,6s	-52°55'33"	30° 48'	SUL	21h 59min 15s	30° 50' 36,05"
11	ETA AQL	3.7 4.4	19h 51min 44,8s	00°58'04"	23° 05'	NORTE	21h 44min 44s	23° 07' 53,25"
	IOTA SGR	4.1	19h 54min 17,1s	-41°54'35"	19° 47'	SUL	21h 47min 16s	19° 49' 51,00"

T(INICIAL)= 75° F

T(FINAL)= 68° F

So= 22h 28min 34,56s

P(INICIAL)= 734,5 mmHg

P(FINAL)= 734 mm Hg

REGISTRO DE OBSERVAÇÕES - LATITUDE POR STERNECK

Data: 04. Setembro. 1985 Estação: IPEA II Instrumento: THEO 002

 $\varphi_0 = -22^{\circ}07'17,74''$ H_L do início das observações: 20h 15min

S correspondente: 18h 45min 25s

 $\lambda_0 = -3h 25min 37,55s$

PAR	ESTRELA	MAG.	ASCENSÃO RETA	DECLINAÇÃO	DISTÂNCIA ZENITAL	ORIENTAÇÃO	HORA LEGAL	LEITURA ZENITAL
1	DELTA SCT	4.6	18h 41min 29,3s	-09°04'05"	13° 03'	NORTE	20h 11min 04s	13° 03' 00,40"
	ALFA CRA	4.0	19h 08min 30,2s	-37°55'51"	15° 48'	SUL	20h 38min 01s	15° 48' 18,05"
2	LAMBDA PAV	4.3	18h 50min 54,2s	-62°12'37"	40° 05'	SUL	20h 20min 28s	40° 04' 33,40"
	EPSILON AQL	4.1	18h 58min 58,5s	15°02'56"	37° 10'	NORTE	20h 28min 31s	37° 09' 33,15"
3	BETA 1 SER	4.2	19h 21min 37,0s	-44°29'25"	22° 22'	SUL	20h 51min 06s	22° 21' 45,10"
	ETA AQL	3.7 4.4	19h 51min 44,9s	00°58'04"	23° 05'	NORTE	21h 21min 09s	23° 05' 01,80"
4	MI AQL	4.6	19h 33min 23,6s	-07°20'52"	29° 28'	NORTE	21h 02min 50s	29° 27' 40,15"
	KSI TEL	4.8	20h 06min 18,6s	-52°55'33"	30° 48'	SUL	21h 35min 40s	30° 47' 45,60"
5	DELTA SGE	3.7	19h 46min 45,2s	18°29'56"	40° 36'	NORTE	21h 16min 10s	40° 36' 29,60"
	DELTA PAV	3.5	20h 07min 21,7s	-66°13'25"	44° 05'	SUL	21h 36min 43s	NUVEM
6	TETA 1 SGR	4.3	19h 58min 48,8s	-35°19'05"	13° 12'	SUL	21h 28min 11s	13° 11' 38,40"
	ALFA 1 CAP	4.5	20h 16min 51,6s	-12°33'14"	09° 34'	NORTE	21h 46min 11s	09° 33' 55,05"
7	TETA AQL	3.3	20h 10min 34,2s	-00°51'54"	21° 15'	NORTE	21h 39min 55s	21° 15' 05,70"
	ALFA IND	3.1	20h 36min 34,8s	-47°20'41"	25° 13'	SUL	22h 05min 51s	25° 13' 00,80"
8	ALFA PAV	2.0	20h 24min 32,6s	-56°47'06"	34° 39'	SUL	21h 53min 51s	34° 39' 13,80"
	EPSILON DEL	4.0	20h 32min 32,1s	11°15'14"	33° 22'	NORTE	22h 01min 49s	33° 21' 58,30"
9	ALFA DEL	3.8	20h 38min 58,7s	15°51'40"	37° 58'	NORTE	22h 08min 15s	37° 58' 18,10"
	BETA IND	3.6	20h 53min 43,6s	-58°30'42"	36° 23'	SUL	22h 22min 57s	36° 22' 46,90"
10	ETA IND	4.6	20h 43min 00,8s	-51°58'32"	29° 51'	SUL	22h 12min 16s	29° 50' 45,40"
	ALFA EQU	4.0	21h 15min 06,9s	05°11'07"	27° 18'	NORTE	22h 44min 17s	NUVEM
11	GAMA MIC	4.6	21h 00min 25,6s	-32°18'57"	10° 12'	SUL	22h 29min 38s	10° 11' 33,75"
	NI AQR	4.4	21h 08min 49,3s	-11°25'51"	10° 41'	NORTE	22h 38min 00s	10° 41' 19,40s

T(INICIAL) = 74°F

T(FINAL) = 70°F

S₀ = 22h 52min 13,85s

P(INICIAL) = 736 mmHg

P(FINAL) = 736 mmHg

REGISTRO DE OBSERVAÇÕES - LATITUDE POR STERNECK

Data: 05.Setembro.1985 Estação: IPEA II Instrumento: THEO 002

$\varphi_0 = -22^{\circ} 07' 17,74''$

H_L do início das observações: 19h 00 min

S correspondente: 17h 34min 10s

$\lambda_0 = 3h 25min 37,55s$

PAR	ESTRELA	MAQ.	ASCENSÃO RETA	DECLINAÇÃO	DISTÂNCIA ZENITAL	ORIEN- TAÇÃO	HORA LEGAL	LEITURA ZENITAL
1	BETA ARA	2.7	17h 24min 05,7s	-55°31'20"	33° 23'	SUL	18h 49min 58s	33° 23' 20,40"
	ALFA OPH	2.0	17h 34min 15,8s	12°34'15"	34° 41'	NORTE	19h 00min 06s	34° 40' 50,60"
2	ALFA ARA	3.0	17h 30min 43,4s	-49°52'13"	27° 44'	SUL	18h 56min 34s	27° 44' 21,20"
	BETA OPH	2.8	17h 42min 45,6s	04°34'23"	26° 41'	NORTE	19h 08min 34s	NUVEH
3	IOTA I SCO	3.0	17h 46min 34,4s	-40°07'33"	18° 00'	SUL	19h 12min 23s	17° 59' 53,40"
	ETA SER	3.3	18h 20min 34,0s	-02°54'13"	19° 13'	NORTE	19h 46min 17s	19° 12' 43,65"
4	G SCO	3.2	17h 48min 52,5s	-37°02'34"	14° 55'	SUL	19h 14min 40s	14° 54' 59,30"
	NI OPH	3.4	17h 58min 14,0s	-09°46'25"	12° 20'	NORTE	19h 24min 00s	12° 20' 38,40"
5	67 OPH	4.0	17h 59min 55,4s	02°55'54"	25° 03'	NORTE	19h 25min 41s	25° 02' 43,05"
	EPSILON TEL	4.5	18h 10min 09,8s	-45°57'42"	26° 18'	SUL	19h 35min 54s	NUVEH
6	GAMA SER	3.0	18h 04min 53,0s	-30°25'40"	08° 18'	SUL	19h 30min 38s	08° 18' 11,80"
	GAMA SCT	4.6	18h 28min 22,7s	-14°34'38"	07° 33'	NORTE	19h 54min 04s	07° 32' 32,35"
7	ETA SGR	3.1	18h 16min 39,3s	-36°46'12"	14° 39'	SUL	19h 42min 23s	14° 38' 38,80"
	DELTA SCT	4.6	18h 41min 29,3s	-09°04'05"	13° 03'	NORTE	20h 07min 09s	13° 02' 59,80"
8	EPSILON SGR	2.0	18h 23min 13,2s	-34°23'43"	12° 16'	SUL	19h 48min 55s	12° 16' 11,15"
	ALFA SCT	4.0	18h 34min 25,6s	-08°15'20"	13° 52'	NORTE	20h 00min 06s	13° 51' 42,05"
9	III HER	4.3	18h 46min 23,4s	18°09'57"	40° 16'	NORTE	20h 12min 02s	40° 16' 28,35"
	LAMBDA PAV	4.3	18h 50min 54,2s	-62°12'37"	40° 05'	SUL	20h 16min 32s	40° 04' 33,05"
10	TETA SER P	4.4	18h 55min 30,5s	04°11'03"	26° 18'	NORTE	20h 21min 07s	26° 17' 53,15"
	BETA I SER	4.2	19h 21min 37,0s	-44°29'25"	22° 22'	SUL	20h 47min 10s	22° 21' 45,00"
11	LAMBDA AQL	3.5	19h 05min 29,4s	-04°54'19"	17° 13'	NORTE	20h 31min 05s	17° 12' 41,65"
	ALFA CRA	4.0	19h 08min 30,1s	-37°55'51"	15° 48'	SUL	20h 34min 05s	15° 48' 17,90"

T(INICIAL)= 74°F

P(INICIAL)=735mmHg

T(FINAL)= 72°F

P(FINAL)=735mmHg

$S_0 = 22h 56min 10,41s$

REGISTRO DE OBSERVAÇÕES — AZIMUTE POR ESTRELA EM ELONGAÇÃO

DATA: 09.Setembro.1985 ESTAÇÃO: IPEA II

INSTRUMENTO: THEO 002

$\varphi = -22^{\circ}07'18,160''$

H_L DO INÍCIO DAS OBSERVAÇÕES: 19h 00min

S CORRESPONDENTE: 17h 49min 56s

$A_{M0} = 272^{\circ}25'44,98''$

MIRA (INICIAL)

$\left\{ \begin{array}{l} PD = 272^{\circ}25'58,65'' \\ PI = 92^{\circ}26'23,95'' \end{array} \right.$

MIRA (FINAL)

$\left\{ \begin{array}{l} PD = 272^{\circ}25'59,70'' \\ PI = 92^{\circ}26'25,50'' \end{array} \right.$

$S_0 = 23h 11min 56,63s$

ESTRELA	MAG.	HORA SIDERAL	HORA LEGAL	AZIMUTE	DISTÂNCIA ZENITAL	ORIENTAÇÃO	LEITURA HORIZONTAL
XS12	CEN	4.3	17h 45min 44s	18h 55min 49s	44° 08'	60° 27'	W 44° 08' 01,20"
BETA	CRU	1.4	17h 51min 39s	19h 01min 43s	33° 06'	64° 05'	W 33° 05' 59,45"
ALFA	MUS	2.8	18h 00min 26s	19h 10min 28s	22° 42'	66° 11'	W 22° 41' 52,35"
MI	CEN	3.2	18h 02min 59s	19h 13min 01s	52° 51'	56° 02'	W 52° 51' 18,10"
BETA	GRU	2.1	18h 11min 05s	19h 21min 06s	312° 33'	58° 58'	E 312° 32' 51,35"
PSI	CEN	4.1	18h 13min 20s	19h 23min 20s	58° 30'	52° 06'	W 58° 30' 28,30"
TETA	OCT	4.6	18h 22min 17s	19h 32min 16s	346° 06'	67° 14'	E 346° 06' 18,65"
DELTA	MUS	3.5	18h 29min 52s	19h 39min 50s	20° 04'	66° 34'	W 20° 03' 43,65"
EPSILON	TUC	4.6	18h 41min 38s	19h 51min 34s	333° 35'	65° 33'	E 333° 34' 50,70"
IOTA	GRU	4.0	18h 44min 22s	19h 54min 17s	310° 38'	58° 00'	E 310° 37' 44,75"
ETA	CEN	2.6	18h 47min 31s	19h 57min 31s	53° 13'	55° 48'	W 53° 13' 28,80"
TAUI	LUP	4.6	18h 49min 48s	19h 59min 42s	49° 34'	57° 54'	W 49° 34' 10,90"
ZETA	TUC	4.2	19h 03min 11s	20h 13min 03s	332° 49'	65° 24'	E 332° 48' 48,20"
FI1	LUP	3.5	19h 05min 59s	20h 15min 51s	60° 34'	50° 23'	W 60° 34' 15,00"
KAPA	CEN	3.3	19h 11min 02s	20h 20min 53s	53° 17'	55° 46'	W 53° 16' 56,20"
BETA	LUP	2.7	19h 14min 29s	20h 24min 19s	52° 02'	56° 31'	W 52° 02' 33,70"
V	CEN	4.3	19h 16min 25s	20h 26min 15s	36° 46'	63° 04'	W 36° 46' 09,40"
DELTA	LUP	3.3	19h 27min 09s	20h 36min 57s	55° 03'	54° 37'	W 55° 02' 54,15"
EPSILON	PHE	3.8	19h 41min 46s	20h 51min 32s	311° 13'	58° 18'	E 311° 13' 05,85"
ALFA	CEN A	0.0	19h 46min 01s	20h 55min 46s	31° 48'	64° 24'	W 31° 48' 18,50"

REGISTRO DE OBSERVAÇÕES — AZIMUTE POR ESTRELA EM ELONGAÇÃO

DATA: 10. Setembro. 1985 ESTAÇÃO : IPEA II INSTRUMENTO : THEO 002 $\varphi = -22^{\circ} 07' 18,160''$

H_L DO INÍCIO DAS OBSERVAÇÕES : 19h 00min S CORRESPONDENTE : 17h 53min 52s $A_{M0} = 272^{\circ} 25' 44,98''$

MIRA (INICIAL) { PD = 272° 25' 59,35"
PI = 92° 26' 23,60"

MIRA (FINAL) { PD = 272° 26' 02,65"
PI = 92° 26' 28,35"

$S_0 = 23h 15min 53,19s$

ESTRELA		MAG.	HORA SIDERAL	HORA LEGAL	AZIMUTE	DISTÂNCIA ZENITAL	ORIEN- TAÇÃO	LEITURA HORIZONTAL
KS12	CEN	4.3	17h 45min 44s	18h 51min 53s	44° 08'	60° 27'	W	44° 08' 04,05"
BETA	CRU	1.4	17h 51min 39s	18h 57min 47s	33° 06'	64° 05'	W	33° 06' 01,40"
ALFA	MUS	2.8	18h 00min 26s	19h 06min 32s	22° 42'	66° 11'	W	22° 41' 54,85"
MI	CEN	3.2	18h 02min 59s	19h 09min 05s	52° 51'	56° 02'	W	52° 51' 18,60"
BETA	GRU	2.1	18h 11min 05s	19h 17min 10s	312° 33'	58° 58'	E	312° 32' 52,10"
PSI	CEN	4.1	18h 13min 20s	19h 19min 24s	58° 30'	52° 06'	W	58° 30' 30,35"
TETA	OCT	4.6	18h 22min 17s	19h 28min 20s	346° 06'	67° 14'	E	346° 06' 19,70"
DELTA	MUS	3.5	18h 29min 52s	19h 35min 54s	20° 04'	66° 34'	W	20° 03' 44,75"
EPSILON	TUC	4.6	18h 41min 38s	19h 47min 38s	333° 35'	65° 33'	E	333° 34' 52,20"
IOTA	GRU	4.0	18h 44min 22s	19h 50min 21s	310° 38'	58° 00'	E	310° 37' 45,85"
ETA	CEN	2.6	18h 47min 36s	19h 53min 35s	53° 13'	55° 48'	W	53° 13' 30,80"
TAU1	LUP	4.6	18h 49min 48s	19h 55min 46s	49° 34'	57° 54'	W	49° 34' 13,05"
ZETA	TUC	4.2	19h 03min 11s	20h 09min 07s	332° 49'	65° 24'	E	332° 48' 49,85"
FII	LUP	3.5	19h 05min 59s	20h 11min 55s	60° 34'	50° 23'	W	60° 34' 15,00"
KAPA	CEN	3.3	19h 11min 02s	20h 16min 57s	53° 17s	55° 46'	W	53° 16' 57,15"
BETA	LUP	2.7	19h 14min 29s	20h 20min 23s	52° 02'	56° 31'	W	52° 02' 36,40"
V	CEN	4.3	19h 16min 25s	20h 22min 19s	36° 46'	63° 04'	W	36° 46' 11,60"
DELTA	LUP	3.3	19h 27min 09s	20h 33min 01s	55° 03'	54° 37'	W	55° 02' 56,95"
EPSILON	PHE	3.8	19h 41min 46s	20h 47min 36s	311° 13'	58° 18'	E	311° 13' 07,25"
ALFA	CEN	A	0.0	19h 46min 01s	20h 51min 50s	31° 48'	W	31° 48' 20,30"

REGISTRO DE OBSERVAÇÕES – LONGITUDE POR ZINGER

DATA : 15.Outubro.1985 ESTAÇÃO : IPEA II INSTRUMENTO : THEO 002 $\varphi = -22^{\circ} 07' 18,160''$

H_L DO INÍCIO DAS OBSERVAÇÕES : 19h 15min S CORRESPONDENTE : 20h 26min 54s $\lambda_0 = -3h 25min 37,55s$

(1) PAR	ESTRELA	MAG.	HORA SIDERAL	HORA LEGAL	AZIMUTE	DISTÂNCIA ZENITAL	ORIEN TAÇÃO	CRONÔMETRO (X) ou HORA LEGAL ()
169	TAU AQR	4.1	20h 36min 17s	19h 24min	260° 39'	32° 35'	E	05h 47min 43,5s
	GAMA SCT	4.6	20h 42min 17s	19h 30min	97° 33'		W	05h 53min 07,2s
172	IOTA CET	3.7	21h 06min 10s	19h 54min	261° 53'	48° 01'	E	06h 17min 07,9s
	NI OPH	3.4	21h 12min 10s	20h 00min	96° 51'		W	06h 23min 22,8s
174	30 PSC	4.6	21h 19min 23s	20h 07min	253° 51'	42° 10'	E	06h 30min 45,4s
	BETA SCT	4.4	21h 25min 23s	20h 13min	108° 22'		W	06h 36min 14,7s
176	ETA CET	3.5	21h 50min 44s	20h 38min	264° 07'	48° 34'	E	07h 01min 52,5s
	DELTA SCT	4.6	21h 56min 44s	20h 44min	97° 35'		W	07h 07min 32,6s
178	TAU CET	3.6	22h 02min 02s	20h 49min	273° 36'	52° 24'	E	07h 12min 52,2s
	GAMA SCT	4.6	22h 08min 02s	20h 55min	88° 17'		W	07h 19min 01,4s
180	ETA ERI	4.0	22h 24min 36s	21h 12min	270° 13'	66° 08'	E	07h 35min 27,1s
	NI OPH	3.4	22h 30min 36s	21h 18min	88° 49'		W	07h 41min 27,9s
183	ETA CET	3.5	22h 53min 41s	21h 41min	255° 10'	34° 13'	E	08h 04min 45,0s
	EPSILON AQR	3.7	22h 59min 41s	21h 47min	106° 13'		W	08h 10min 16,4s
185	ALFA CET	2.7	23h 11min 10s	21h 58min	252° 27'	62° 04'	E	08h 21min 43,8s
	DELTA AQL	3.3	23h 17min 10s	22h 04min	106° 20'		W	08h 20min 01,8s
187	DELTA CET	4.0	23h 22min 55s	22h 10min	251° 34'	52° 41'	E	08h 33min 40,5s
	TETA AQL	3.3	23h 28min 55s	22h 16min	106° 49'		W	08h 39min 29,1s
189	TAU CET	3.6	23h 38min 48s	22h 26min	263° 47'	30° 01'	E	08h 49min 36,3s
	GAMA CAP	3.7	23h 44min 48s	22h 32min	94° 44'		W	08h 55min 19,1s

$S_0 = 1h 33min 52,55s$

$\Delta T_0 = 13h 36min 53,747s$

Fuso = -3h

(1) Numeração correspondente à Bollina, J.A.T/04/

REGISTRO DE OBSERVAÇÕES — LONGITUDE POR ZINGER

DATA : 17.Outubro.1985	ESTAÇÃO : IPEA II	INSTRUMENTO : THEO 002	$\varphi = -22^{\circ} 07' 18,160''$
H_L DO INÍCIO DAS OBSERVAÇÕES : 19h 15min	S CORRESPONDENTE : 20h 34min 47s	$\lambda_0 = -3h 25min 37,55s$	

PAR	ESTRELA	MAG.	HORA SIDERAL	HORA LEGAL	AZIMUTE	DISTÂNCIA ZENITAL	ORIEN- TAÇÃO	CRONÔMETRO () ou HORA LEGAL ()
169	TAU AQR	4.1	20h 36min 17s	19h 16min	260° 39'	32° 35'	E	09h 01min 27,2s
	GAMA SCT	4.6	20h 42min 17s	19h 22min	97° 33'		W	09h 06min 58,2s
172	IOTA CET	3.7	21h 06min 10s	19h 46min	261° 53'	48° 01'	E	09h 31min 51,4s
	NI OPH	3.4	21h 12min 10s	19h 52min	96° 51'		W	09h 37min 12,8s
174	30 PSC	4.6	21h 19min 23s	19h 59min	253° 51'	42° 10'	E	09h 44min 36,3s
	BETA SCT	4.4	21h 25min 23s	20h 05min	108° 22'		W	09h 49min 57,4s
176	ETA CET	3.5	21h 50min 44s	20h 30min	264° 07'	48° 34'	E	10h 15min 42,5s
	DELTA SCT	4.6	21h 56min 44s	20h 16min	97° 35'		W	10h 21min 18,6s
178	TAU CET	3.6	22h 02min 02s	20h 41min	273° 36'	52° 24'	E	10h 26min 37,8s
	GAMA SCT	4.6	22h 08min 02s	20h 47min	88° 17'		W	10h 32min 51,6s
180	ETA ERI	4.0	22h 24min 36s	21h 04min	270° 13'	66° 08'	E	10h 49min 13,6s
	NI OPH	3.4	22h 30min 36s	21h 10min	88° 49'		W	10h 55min 16,4s
183	ETA CET	3.5	22h 53min 41s	21h 33min	255° 10'	34° 13'	E	11h 18min 31,6s
	EPSILON AQR	3.7	22h 59min 41s	21h 39min	106° 13'		W	11h 24min 04,9s
185	ALFA CET	2.7	23h 11min 10s	21h 50min	252° 27'	62° 04'	E	11h 35min 28,9s
	DELTA AQL	3.3	23h 17min 10s	21h 56min	106° 20'		W	11h 41min 51,9s
187	DELTA CET	4.0	23h 22min 55s	22h 02min	251° 34'	52° 41'	E	11h 47min 22,6s
	TETA AQL	3.3	23h 28min 55s	22h 08min	106° 49'		W	11h 53min 21,4s
189	TAU CET	3.6	23h 38min 48s	22h 18min	263° 47'	30° 01'	E	12h 03min 22,3s
	GAMA CAP	3.7	23h 44min 48s	22h 24min	94° 44'		W	12h 09min 07,7s

$S_0 = 1h 41min 45,66s$	$\Delta T_0 = 10h 15min 14,208s$	Fuso = -3h
-------------------------	----------------------------------	------------

REGISTRO DE OBSERVAÇÕES — LONGITUDE POR ZINGER

DATA : 27. Dezembro. 1985 ESTAÇÃO: IPEA II

INSTRUMENTO: THEO 002

$\phi = -22^{\circ} 07' 18,160''$

H_L DO INÍCIO DAS OBSERVAÇÕES: 20h 00min

S CORRESPONDENTE: 00h 59min 41s

$\lambda_0 = -3h 25min 37,55''$

PAR	ESTRELA	MAG.	HORA SIDERAL	HORA LEGAL	AZIMUTE	DISTÂNCIA ZENITAL	ORIEN TAÇÃO	CRONÔMETRO () ou HORA LEGAL ()
17	EPSILON LEP	3.2	01h 12min 24s	20h 12min	282° 09'	53° 26'	E	(1)
	ZETA CAP	3.8	01h 18min 24s	20h 18min	77° 45'		W	
19	BETA ORI	0.2	01h 22min 12s	20h 22min	265° 32'	57° 16'	E	
	KSI AQR	4.7	01h 28min 12s	20h 28min	94° 51'		W	
23	ALFA LEP	2.6	01h 32min 05s	20h 32min	277° 13'	56° 13'	E	
	GAMA CAP	3.7	01h 38min 05s	20h 38min	84° 09'		W	
27	DELTA ORI	2.4	01h 45min 15s	20h 45min	256° 20'	59° 08'	E	
	ALFA AQR	3.1	01h 51min 15s	20h 51min	103° 34'		W	
30	EPSILON ORI	1.7	01h 55min 28s	20h 55min	256° 31'	57° 23'	E	
	GAMA AQR	4.0	02h 01min 28s	21h 01min	103° 09'		W	
32	ALFA CMA A	-1.5	02h 12min 05s	21h 12min	278° 26'	63° 58'	E	
	DELTA CAP	3.0	02h 18min 05s	21h 18min	82° 09'		W	
36	PI3 ORI	3.2	02h 21min 06s	21h 21min	235° 31'	46° 27'	E	
	OMEGA PSC	4.0	02h 27min 06s	21h 27min	124° 13'		W	
38	ZETA CMA	3.0	02h 35min 16s	21h 35min	291° 27'	50° 33'	E	
	ALFA PSA	1.2	02h 41min 16s	21h 41min	69° 01'		W	
40	ALFA CMA A	-1.5	02h 45min 45s	21h 45min	275° 49'	56° 14'	E	
	DELTA AQR	3.4	02h 51min 45s	21h 51min	85° 11'		W	
42	ALFA LEP	2.6	03h 04min 37s	22h 04min	269° 41'	34° 50'	E	
	BETA CET	2.1	03h 10min 37s	22h 10min	89° 53'		W	

S₀ = 06h 21min 41,24s

$\Delta T_0 = 19h 45min 11,157s$

Fuso = -2h

(2)

(1) 29 registros automáticos com o cronógrafo OMEGA-OTR6 (2) Horário de verão

Continua ...

REGISTRO DE OBSERVAÇÕES — LONGITUDE POR ZINGER

DATA :27.Dezembro.1985 ESTAÇÃO: IPEA II

INSTRUMENTO: THEO 002

$\phi = -22^{\circ} 07' 18,160''$

H_L DO INÍCIO DAS OBSERVAÇÕES: 20h 00min

S CORRESPONDENTE: 00h 59min 41s

$\lambda_0 = -3h 25min 37,55s$

PAR	ESTRELA	MAG.	HORA SIDERAL	HORA LEGAL	AZIMUTE	DISTÂNCIA ZENITAL	ORIEN TAÇÃO	CRONÔMETRO () ou HORA LEGAL ()
43	ALFA CMA A	1.5	03h 21min 10s	22h 21min	272° 57'	48° 03'	E	
	2 CET	4.5	03h 27min 10s	22h 27min	86° 02'		W	
45	BETA CMA	2.0	03h 29min 33s	22h 29min	272° 07'	40° 37'	E	
	BETA CET	2.1	03h 35min 33s	22h 35min	87° 42'		W	
46	KAPA ORI	2.1	03h 46min 43s	22h 46min	251° 30'	31° 26'	E	
	ZETA CET	3.8	03h 52min 43s	22h 52min	106° 56'		W	
47	26 ALFA MON	4.0	03h 56min 10s	22h 56min	266° 34'	55° 07'	E	
	IOTA CET	3.7	04h 02min 10s	23h 02min	94° 34'		W	

S₀ = 06h 21min 41,24s

$\Delta T_0 = 19h 45min 11,157s$

Fuso = -2h

REGISTRO DE OBSERVAÇÕES – LONGITUDE POR ZINGER

DATA :29.Dezembro.1985	ESTAÇÃO: IPEA II	INSTRUMENTO: THEO 002	$\varphi = -22^{\circ} 07' 18,160''$
H _L DO INÍCIO DAS OBSERVAÇÕES: 20h 00min		S CORRESPONDENTE: 01h 07min 34s	$\lambda_{0.2} = -3h 25min 37,55s$

PAR	ESTRELA	MAG.	HORA SIDERAL	HORA LEGAL	AZIMUTE	DISTÂNCIA ZENITAL	ORIEN TAÇÃO	CRONÔMETRO () ou HORA LEGAL ()
17	EPSILON LEP	3.2	01h 12min 24s	20h 04min	282° 09'	53° 26'	E	
	ZETA CAP	3.8	01h 18min 24s	20h 10min	77° 45'		W	
23	ALFA LEP	2.6	01h 32min 05s	20h 24min	277° 13'	56° 13'	E	
	GAMA CAP	3.7	01h 38min 05s	20h 30min	84° 09'		W	
27	DELTA ORI	2.4	01h 45min 15s	20h 37min	256° 20'	59° 08'	E	
	ALFA AQR	3.1	01h 51min 15s	20h 43min	103° 34'		W	
30	EPSILON ORI	1.7	01h 55min 28s	20h 47min	256° 31'	57° 23'	E	
	GAMA AQR	4.0	02h 01min 28s	20h 53min	103° 09'		W	
36	PI3 ORI	3.2	02h 21min 06s	21h 13min	235° 31'	46° 27'	E	
	OMEGA PSC	4.0	02h 27min 06s	21h 19min	124° 13'		W	
38	ZETA CMA	3.0	02h 35min 16s	21h 27min	291° 27'	50° 33'	E	
	ALFA PSA	1.2	02h 41min 16s	21h 33min	69° 01'		W	
40	ALFA CMA A	-1.5	02h 45min 45s	21h 37min	275° 49'	56° 14'	E	
	DELTA AQR	3.4	02h 51min 45s	21h 43min	85° 11'		W	
42	ALFA LEP	2.6	03h 04min 37s	21h 56min	269° 41'	34° 50'	E	
	BETA CET	2.1	03h 10min 37s	22h 02min	89° 53'		W	
43	ALFA CMA A	-1.5	03h 21min 10s	22h 13min	272° 57'	48° 03'	E	
	2 CET	4.5	03h 27min 10s	22h 19min	86° 02'		W	
45	BETA CMA	2.0	03h 29min 33s	22h 21min	272° 07'	40° 37'	E	
	BETA CET	2.1	03h 35min 33s	22h 27min	87° 42'		W	

S ₀ = 06h 29min 34,36s	AT ₀ = 15h 33min 08,211s	Fuso = -2h
-----------------------------------	-------------------------------------	------------

REGISTRO DE OBSERVAÇÕES — LONGITUDE POR ZINGER

DATA : 29. Dezembro. 1985 ESTAÇÃO : IPEA II INSTRUMENTO : THEO 002 $\varphi = -22^{\circ} 07' 18,160''$

H_L DO INÍCIO DAS OBSERVAÇÕES : 20h 00min S CORRESPONDENTE : 01h 07min 34s $\lambda_0 = -3h 25min 37,55s$

PAR	ESTRELA	MAG.	HORA SIDERAL	HORA LEGAL	AZIMUTE	DISTÂNCIA ZENITAL	ORIEN- TAÇÃO	CRONÔMETRO () ou HORA LEGAL ()
46	KAPA	ORI 2.1	03h 46min 43s	22h 38min	251° 30'	31° 26'	E	
	ZETA	CET 3.8	03h 52min 43s	22h 44min	106° 56'		W	

S₀ = 06h 29min 34,36s $\Delta T_0 = 15h 33min 08,211s$ Fuso = -2h

REGISTRO DE OBSERVAÇÕES — LONGITUDE POR ZINGER

DATA : 30.Dezembro.1985 ESTAÇÃO: IPEA II

INSTRUMENTO: THEO 002

$\varphi = -22^{\circ} 07' 18,160''$

H_L DO INÍCIO DAS OBSERVAÇÕES: 20h 00min

S CORRESPONDENTE: 01h 11min 30s

$\lambda_0 = -3h 25min 37,55s$

PAR	ESTRELA	MAG.	HORA SIDERAL	HORA LEGAL	AZIMUTE	DISTÂNCIA ZENITAL	ORIEN TAÇÃO	CRONÔMETRO () ou HORA LEGAL ()
23	ALFA LEP	2.6	01h 32min 05s	20h 20min	277° 13'	58° 13'	E	
	GAMA CAP	3.7	01h 38min 05s	20h 26min	84° 09'		W	
27	DELTA ORI	2.4	01h 45min 15s	20h 33min	256° 20'	59° 08'	E	
	ALFA AQR	3.1	01h 51min 15s	20h 39min	103° 34'		W	
30	EPSILON ORI	1.7	01h 55min 28s	20h 43min	256° 31'	57° 23'	E	
	GAMA AQR	4.0	02h 01min 28s	20h 49min	103° 09'		W	
32	ALFA CMA A	-1.5	02h 12min 05s	21h 21min	278° 26'	63° 58'	E	
	DELTA CAP	3.0	02h 18min 05s	21h 06min	82° 09'		W	
36	PI3 ORI	3.2	02h 21min 06s	21h 09min	235° 31'	46° 27°	E	
	OMEGA PSC	4.0	02h 27min 06s	21h 15min	124° 13'		W	
38	ZETA CMA	3.0	02h 35min 16s	21h 23min	291° 27'	50° 33'	E	
	ALFA PSA	1.2	02h 41min 16s	21h 29min	69° 01'		W	
40	ALFA CMA A	-1.5	02h 45min 45s	21h 33min	275° 49'	56° 14'	E	
	DELTA AQR	3.4	02h 51min 45s	21h 39min	85° 11'		W	
42	ALFA LEP	2.6	03h 04min 37s	21h 52min	269° 41'	34° 50'	E	
	BETA CET	2.1	03h 10min 37s	21h 58min	89° 53'		W	
43	ALFA CMA A	-1.5	03h 21min 10s	22h 09min	272° 57'	48° 03'	E	
	2 CET	4.5	03h 27min 10s	22h 15min	86° 02'		W	
45	BETA CMA	2.0	03h 29min 33s	22h 17min	272° 07'	40° 37'	E	
	BETA CET	2.1	03h 35min 33s	22h 23min	87° 42'		W	

S₀ = 06h 33min 30,93s

$\Delta T_0 = 11h 27min 59,295s$

Fuso = -2h

Continua...

APÊNDICE G

DETERMINAÇÕES AUXILIARES DE TERCEIRA E SEGUNDA ORDEM DA ESTA
ÇÃO IPEA II

APÊNDICE G.1

DETERMINAÇÕES DE TERCEIRA ORDEM

Latitude pelo método da passagem meridiana do Sol

. número de observações	3
. valor médio obtido	$\bar{\phi} = -22^{\circ} 07' 15,9''$
. desvio padrão da média	$\sigma_{\bar{\phi}} = 3,12''$
. valor máximo admissível	$\sigma_{\bar{\phi}} = 5''$

Longitude pelo método das distâncias zenitais do Sol

. número de observações	40
. valor médio obtido	$\bar{\lambda} = -3h 25min 38,41s$
. desvio padrão da média	$\sigma_{\bar{\lambda}} = 0,14s$
. valor máximo admissível	$\sigma_{\bar{\lambda}} = 5'' \sec \phi = 0,31s$

Azimute pelo método das distâncias zenitais do Sol

. número de observações	40
. valor médio obtido	$\overline{AM} = 272^{\circ} 25' 28,3''$
. desvio padrão da média	$\sigma_{\overline{AM}} = 2,06''$
. valor máximo admissível	$\sigma_{\overline{AM}} = 5''$

APÊNDICE G.2

DETERMINAÇÕES DE SEGUNDA ORDEM

Latitude pelo método de Sterneck

. número de observações	28
. valor médio obtido	$\overline{\phi} = -22^{\circ}07' 17,74''$
. desvio padrão da média	$\sigma_{\overline{\phi}} = 0,35''$
. valor máximo admissível	$\sigma_{\overline{\phi}} = 1,5''$

Longitude pelo método de Zinger

. número de observações	13
. valor médio obtido	$\overline{\lambda} = -3h 25min 37,550s$
. desvio padrão da média	$\sigma_{\overline{\lambda}} = 0,105s$
. valor máximo admissível	$\sigma_{\overline{\lambda}} = 1,5'' \sec\phi = 0,108s$

Azimute pelo método de estrela em elongação

. número de observações	26
. valor médio obtido	$\overline{AM} = 272^{\circ} 25' 44,98''$
. desvio padrão da média	$\sigma_{\overline{AM}} = 2,59''$
. valor máximo admissível	$\sigma_{\overline{AM}} = 3''$

APÊNDICE H

ASPECTOS GERAIS DO ZEISS-JENA THEO 002

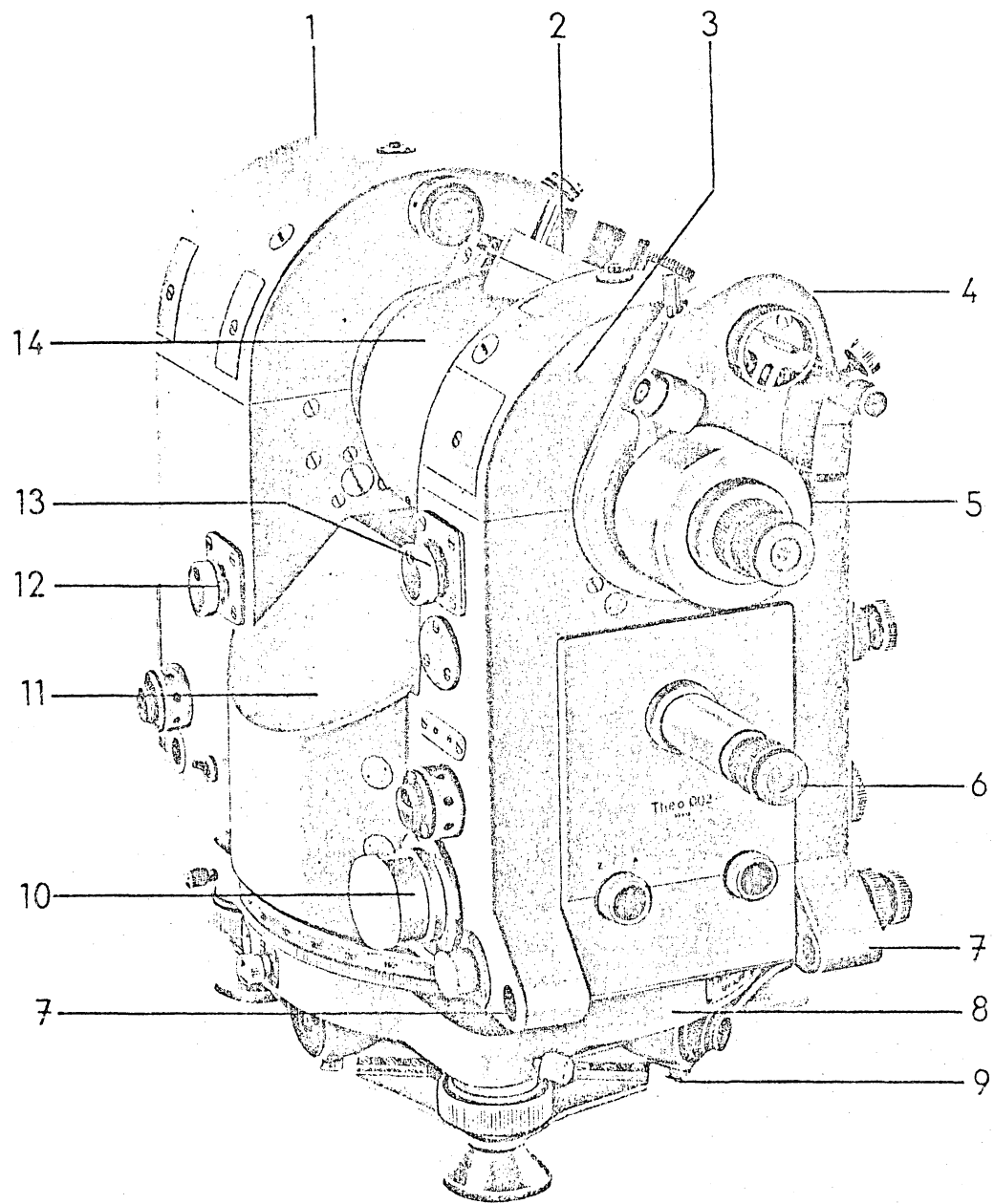


FIGURA (H.1). Vista geral do Theo 002, lado da ocular

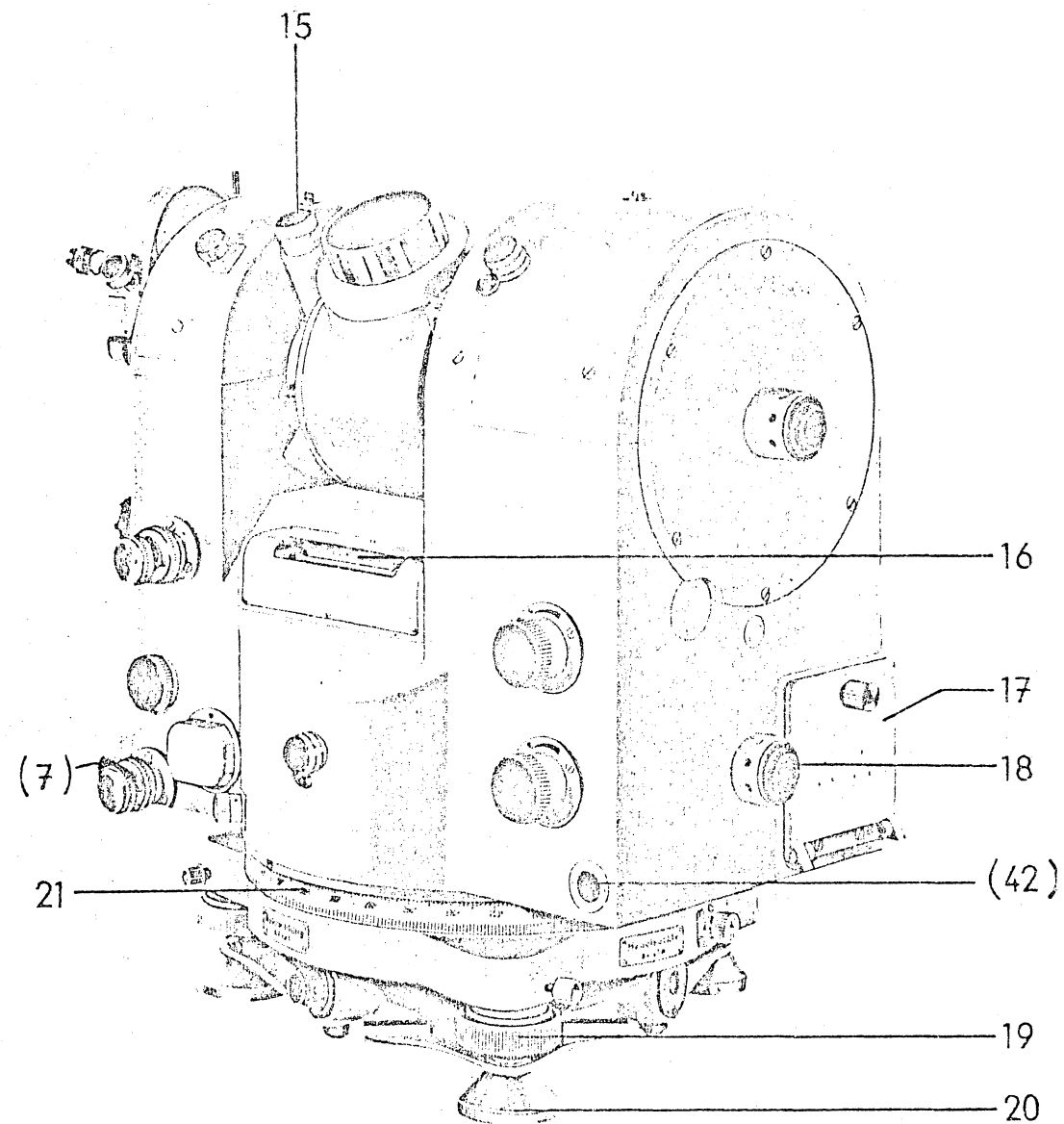


FIGURA (H.2). Vista geral do Theo 002, lado traseiro

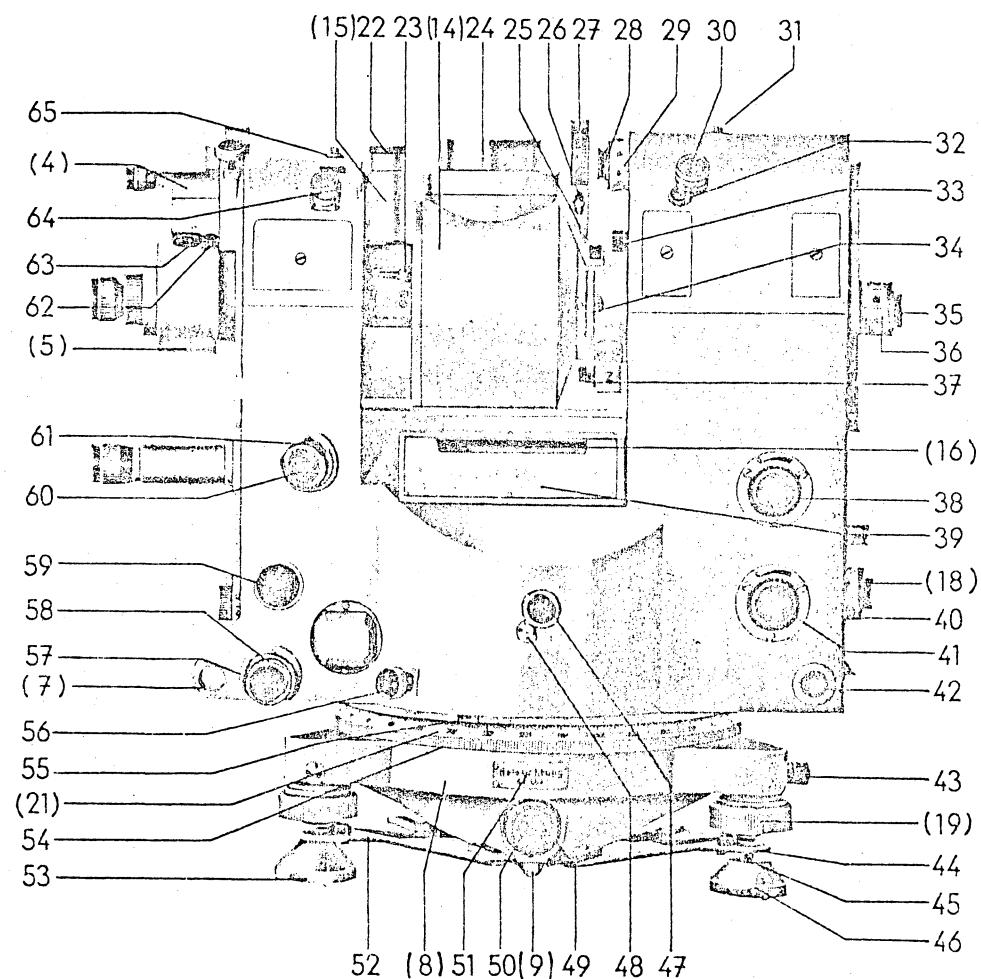
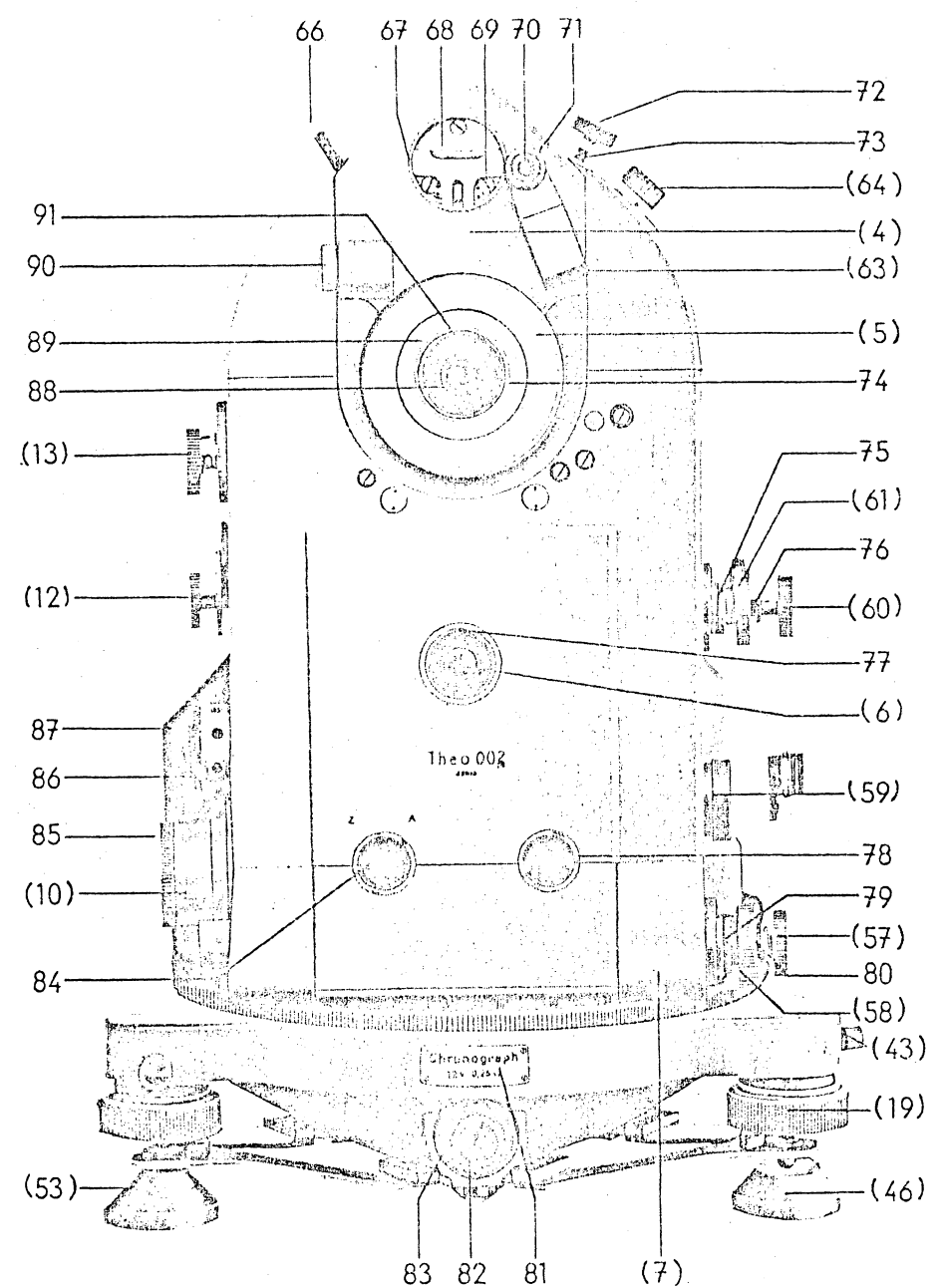


FIGURA (H.3). Vista do Theo 002 com a ocular à esquerda



FIGURA(H.4). Vista lateral do Theo 002, do lado da ocular

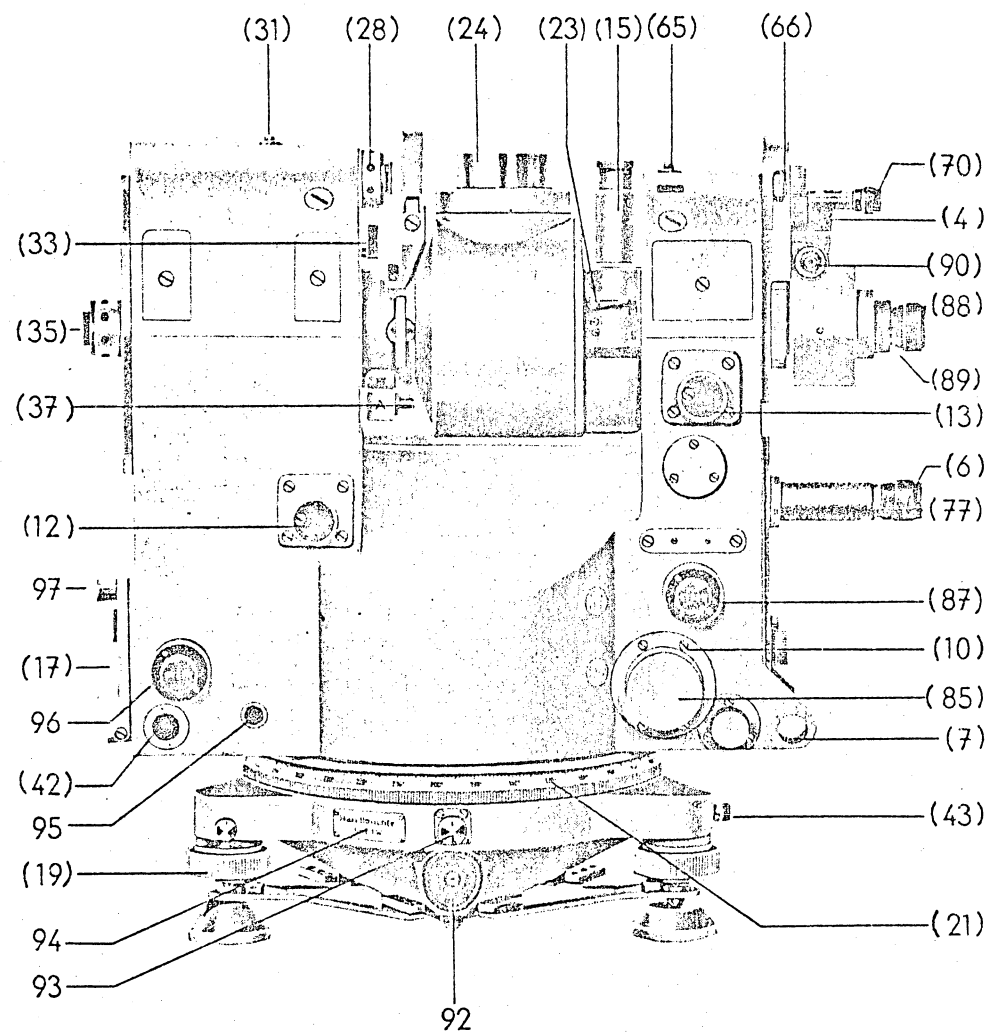


FIGURA (H.5). Vista do Theo 002 com a ocular à direita

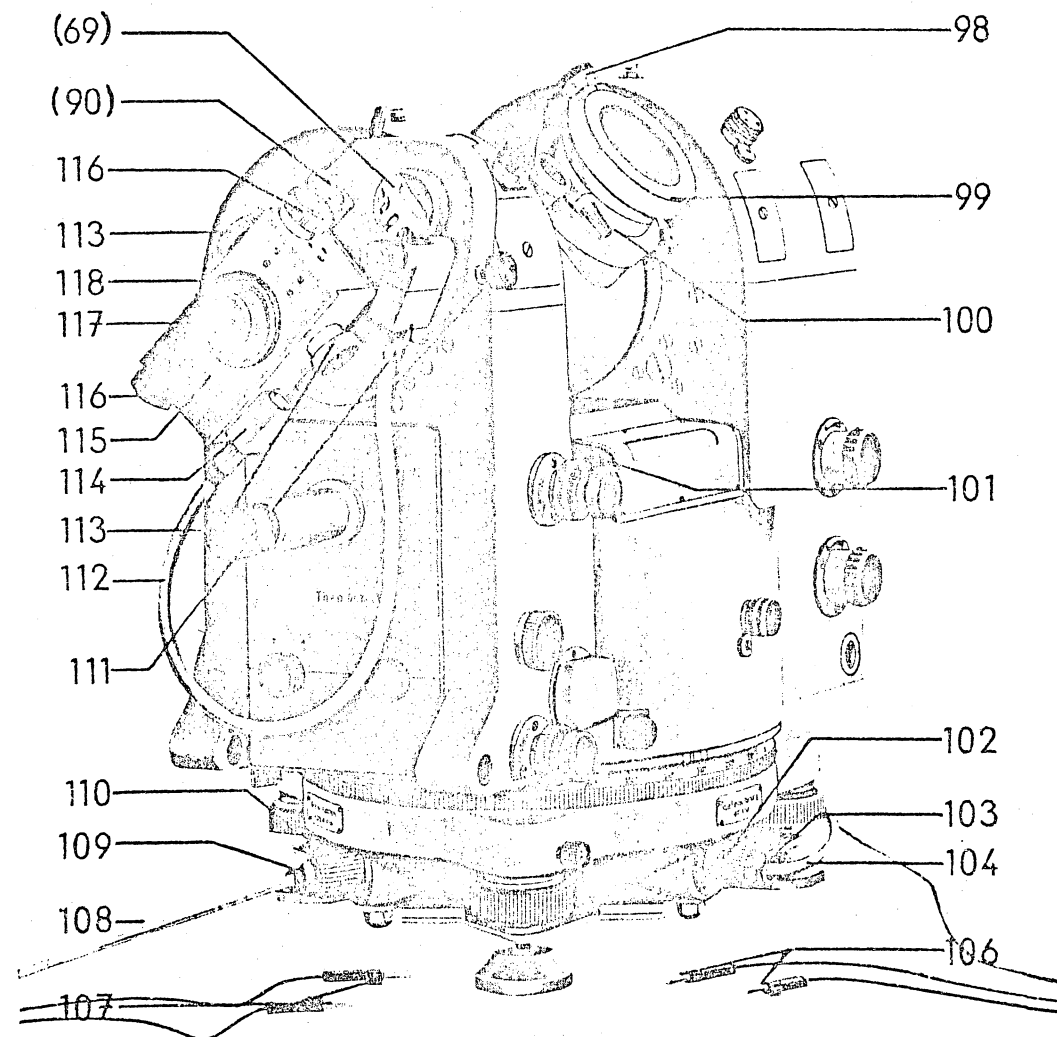


FIGURA (H.6). Theo 002 com diafragma de grade e micrômetro impessoal na posição a zimal

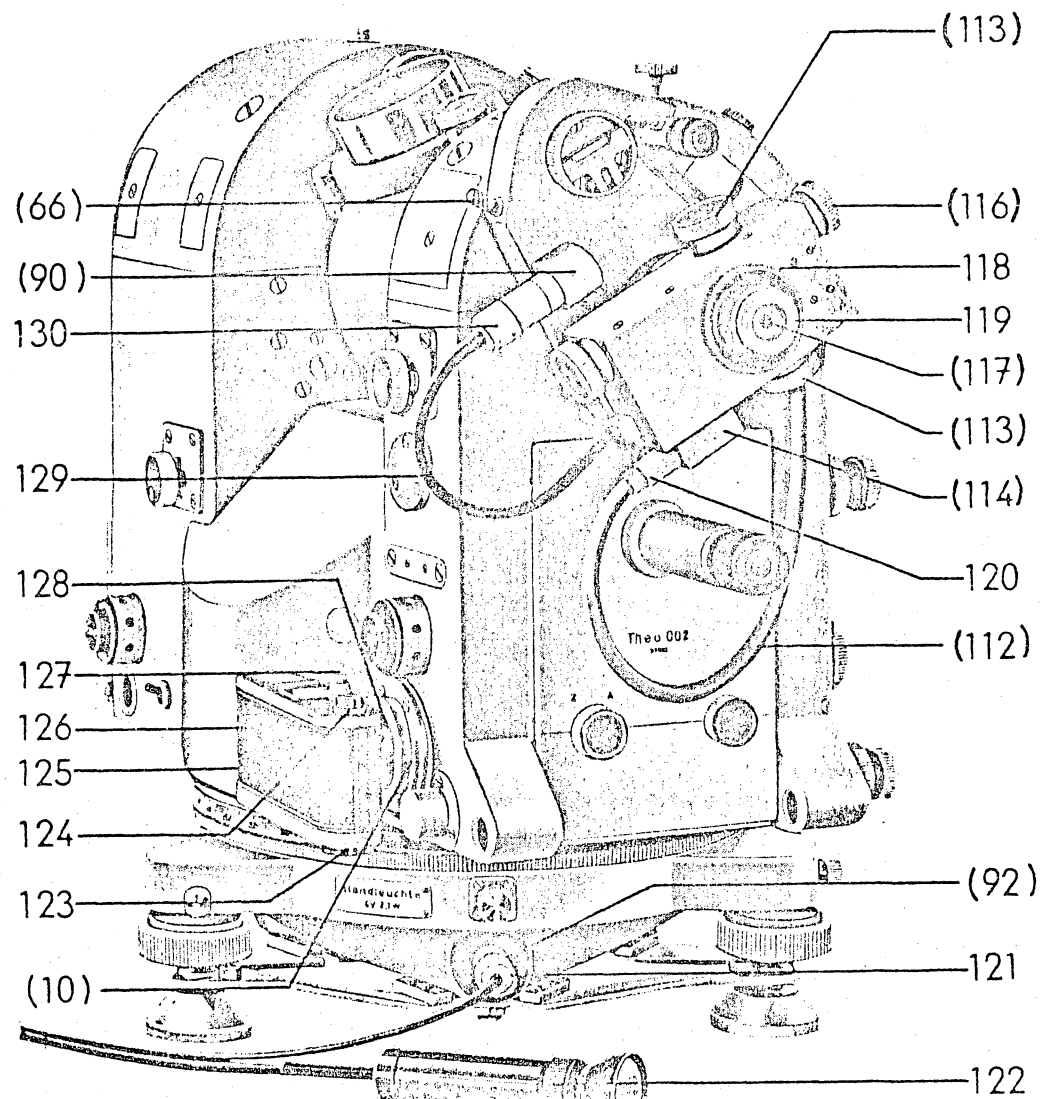
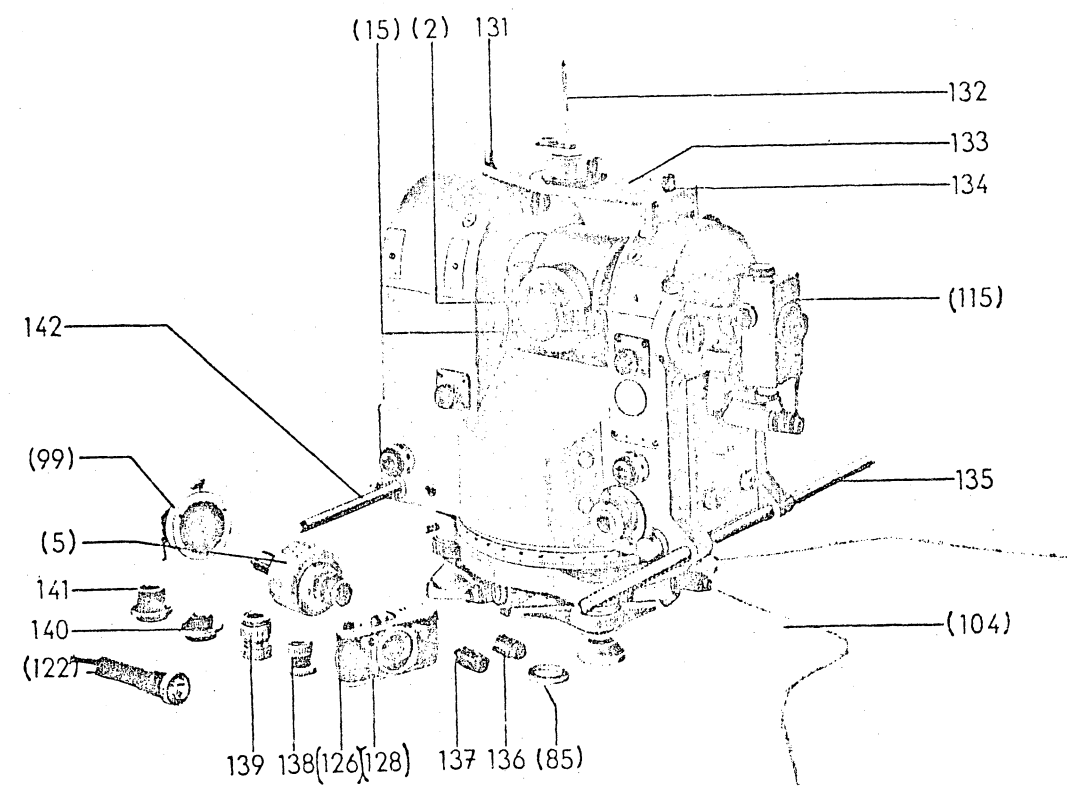


FIGURA (H.7). Theo 002 com micrômetro impessoal na posição zenital, câmara fotografica para registro dos limbos



FIGURA(H.8). Theo 002 com micrômetro impessoal e acessórios

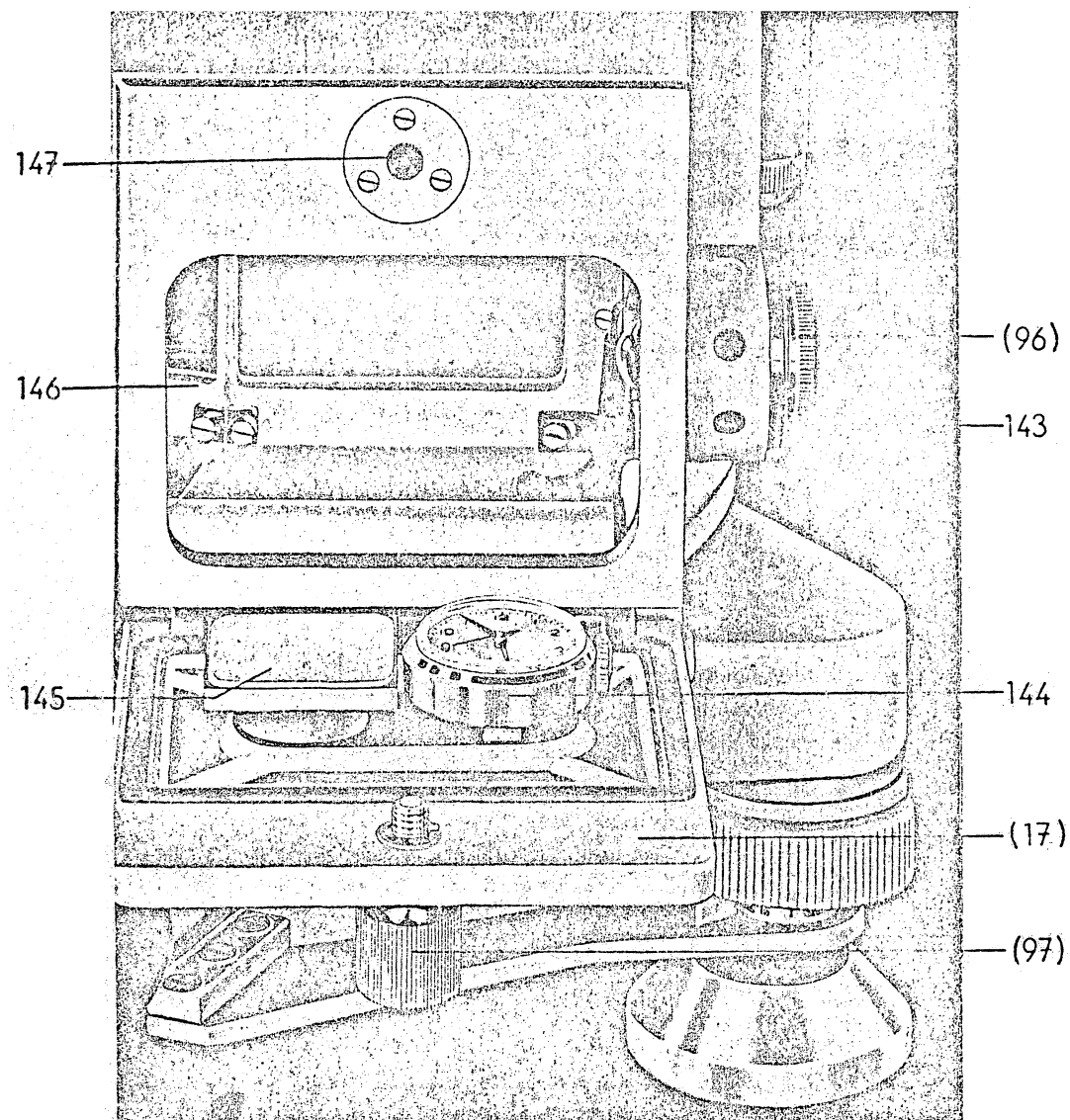


FIGURA (H.9). Detalhe do Theo 002

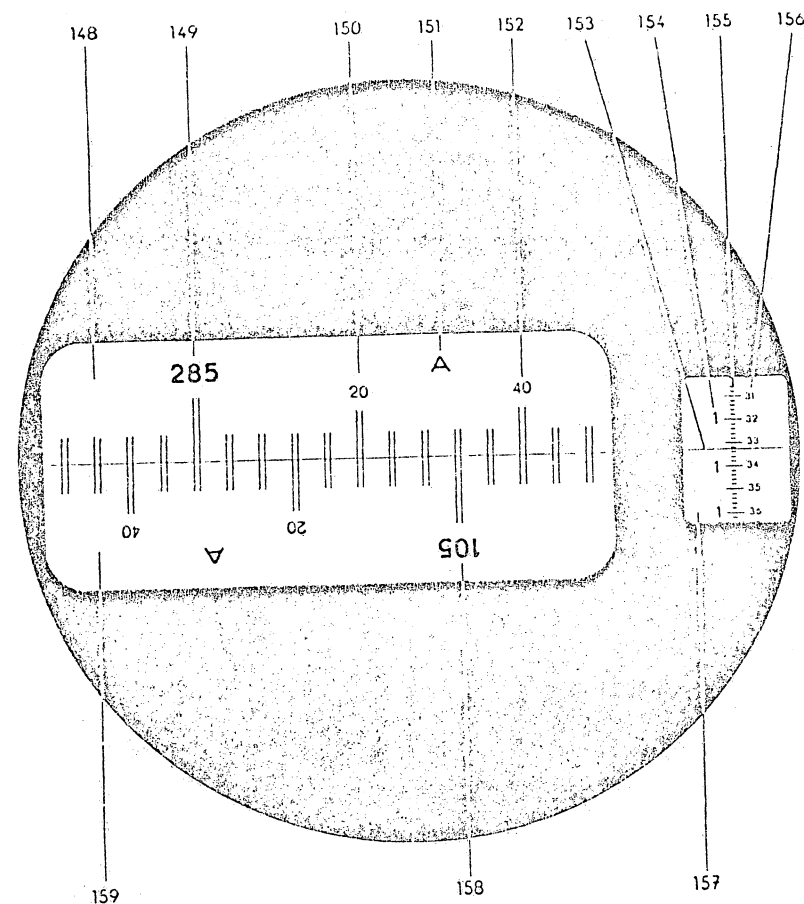


FIGURA (H.10). Leitura do limbo horizontal ($H=285^{\circ}17'33,25''$)

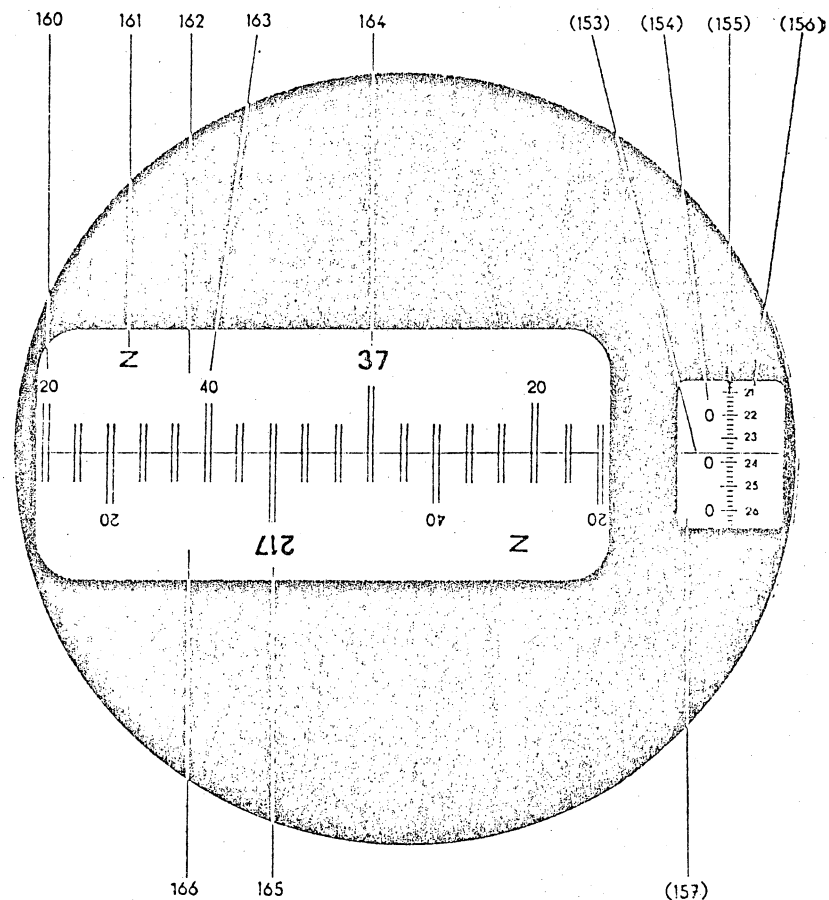


FIGURA (H.11). Leitura do limbo vertical ($V=36^{\circ}54'23,60''$)

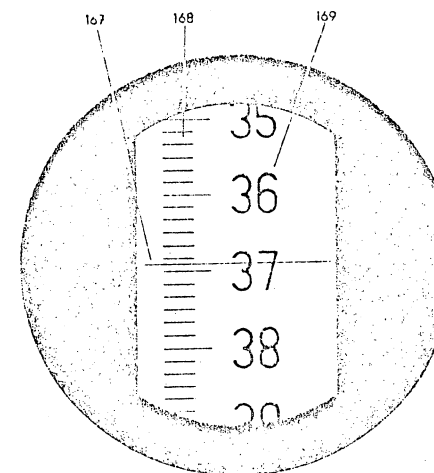


FIGURA (H.12). Leitura do limbo rastreador ($Z=36^{\circ}54'$).

13

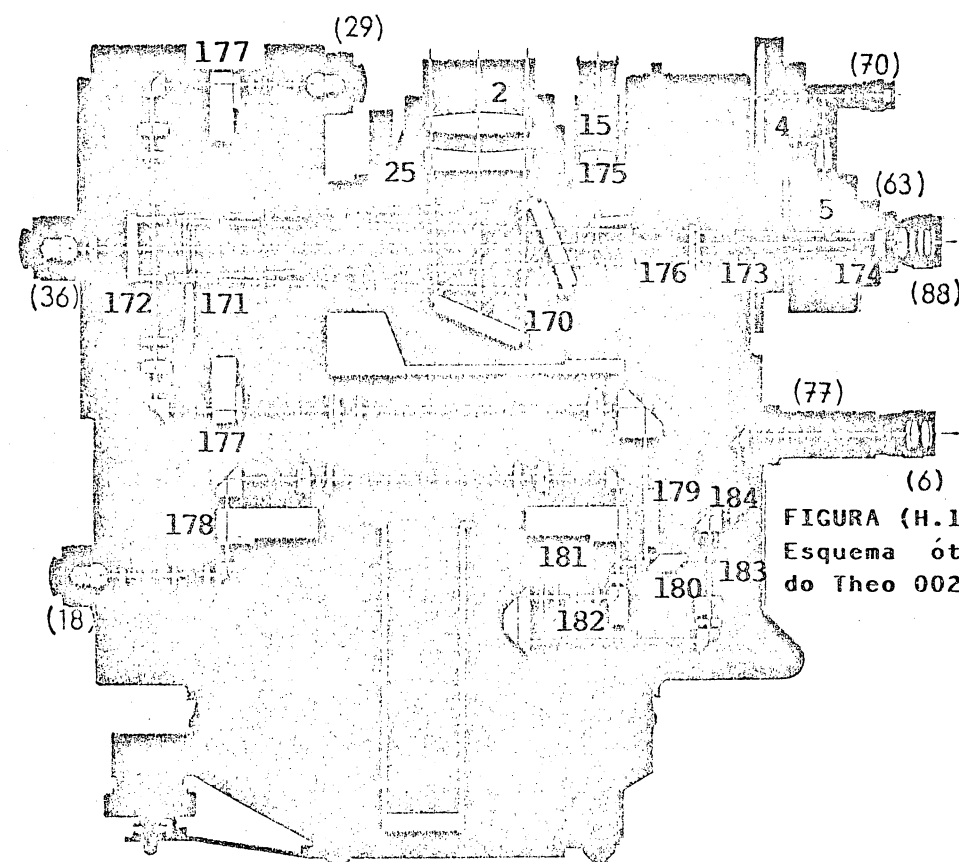


FIGURA (H.13).
Esquema ótico
do Theo 002

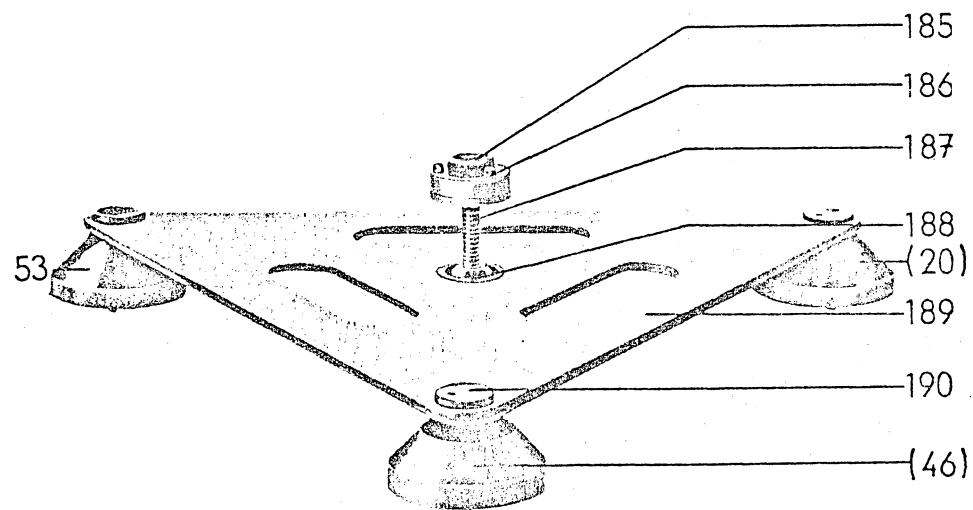


FIGURA (H.14). Base de centragem

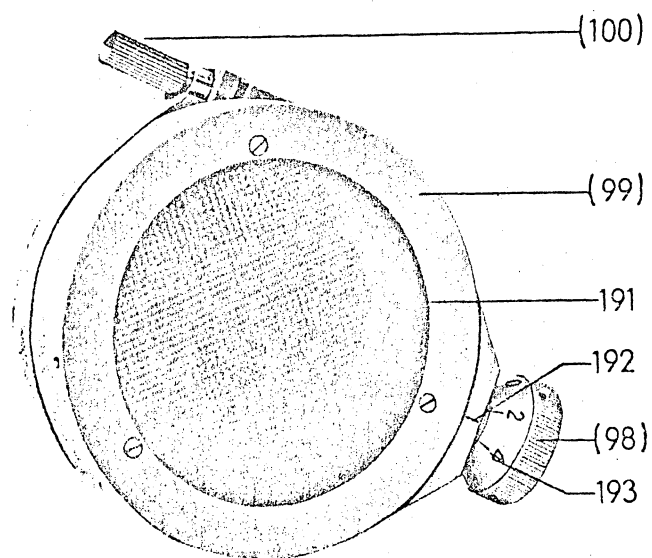


FIGURA (H.15). Diafragma de grade

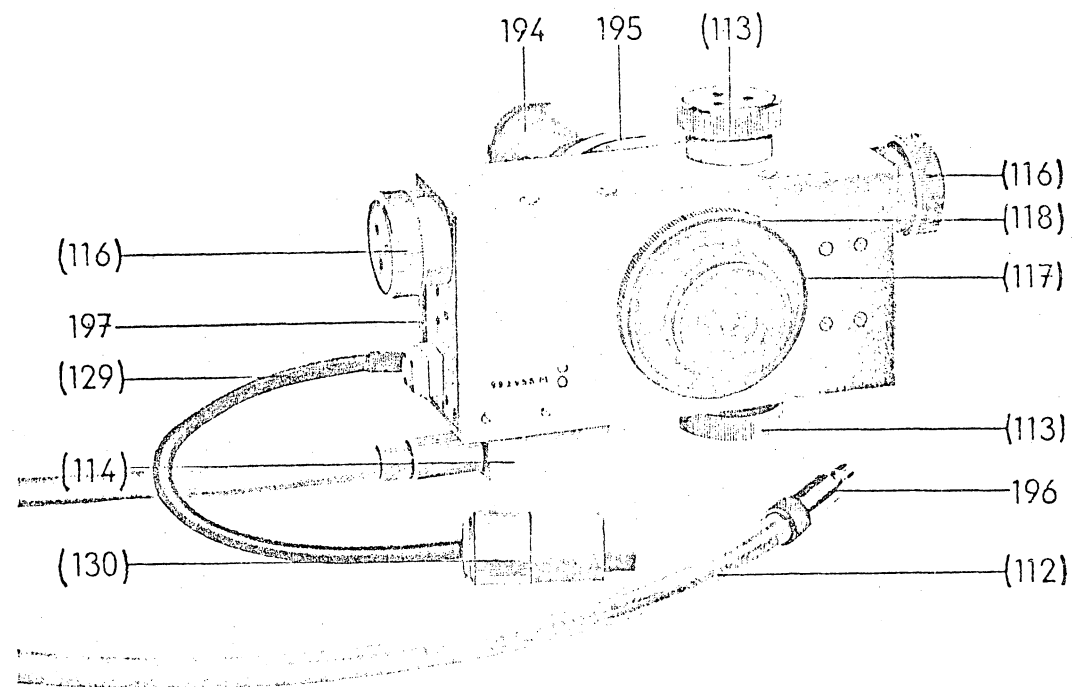


FIGURA (H.16). Vista frontal do micrômetro pessoal

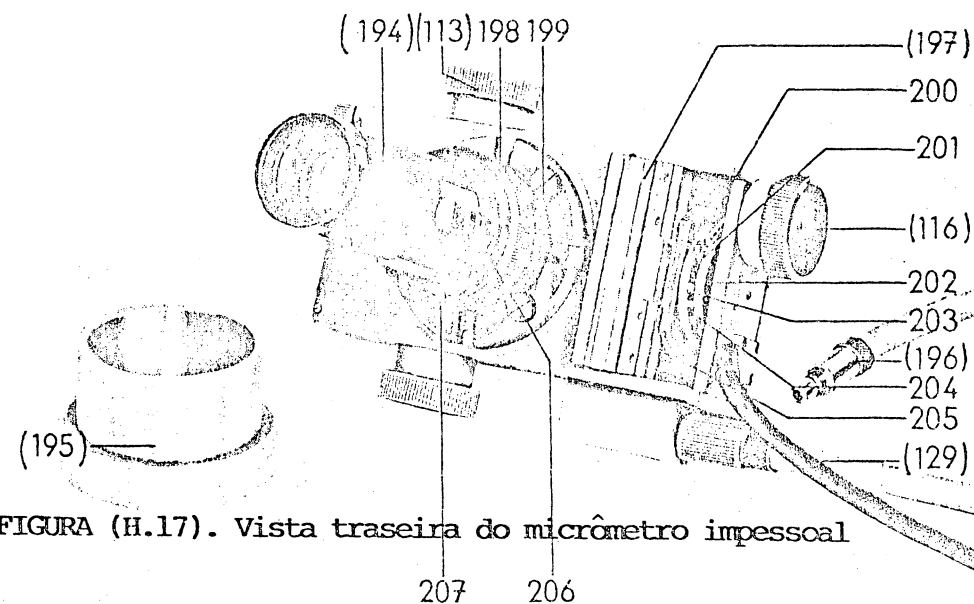


FIGURA (H.17). Vista traseira do micrômetro pessoal

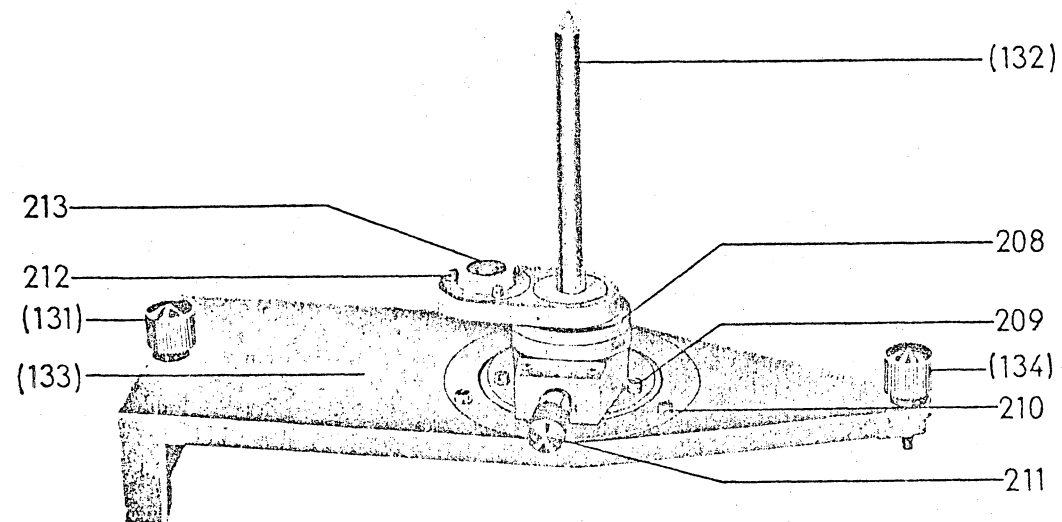


FIGURA (H.18). Ponte de centragem

FIGURA (H.19). Theo 002 e acessórios

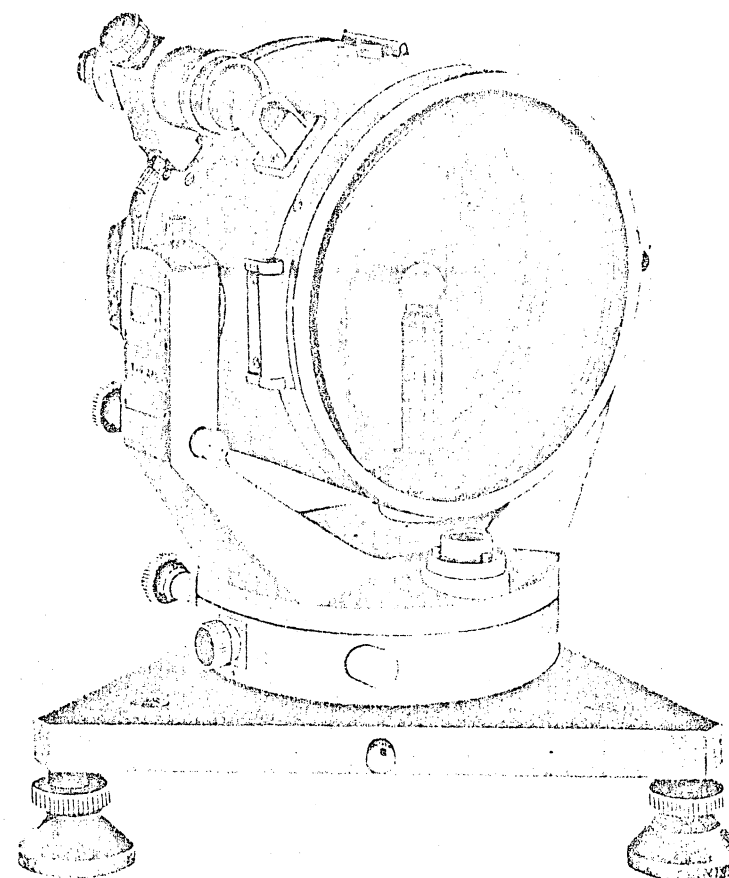
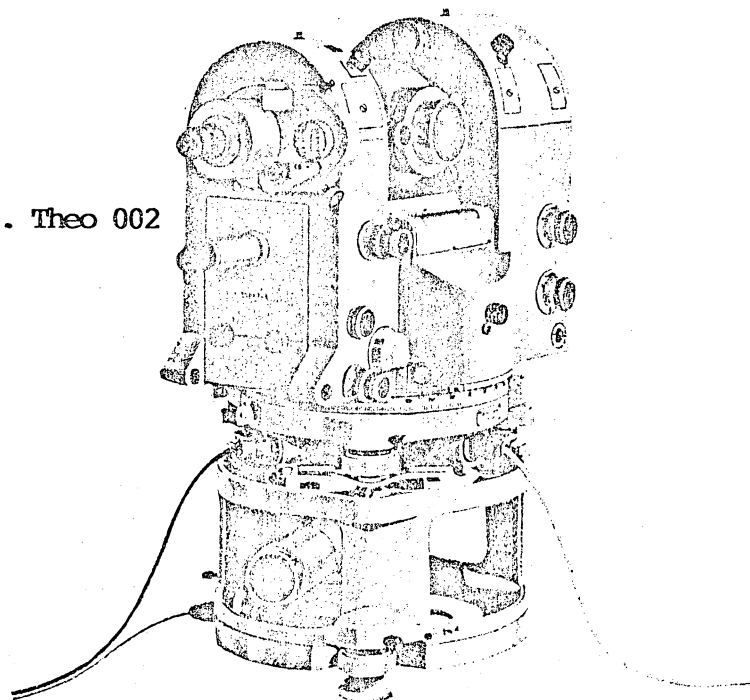


FIGURA (H.20). Farol geodésico de sinalização TSG 200

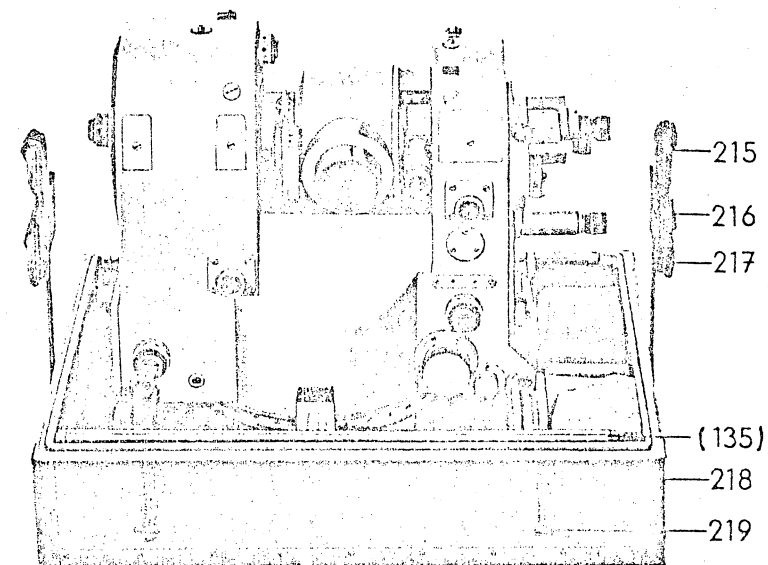
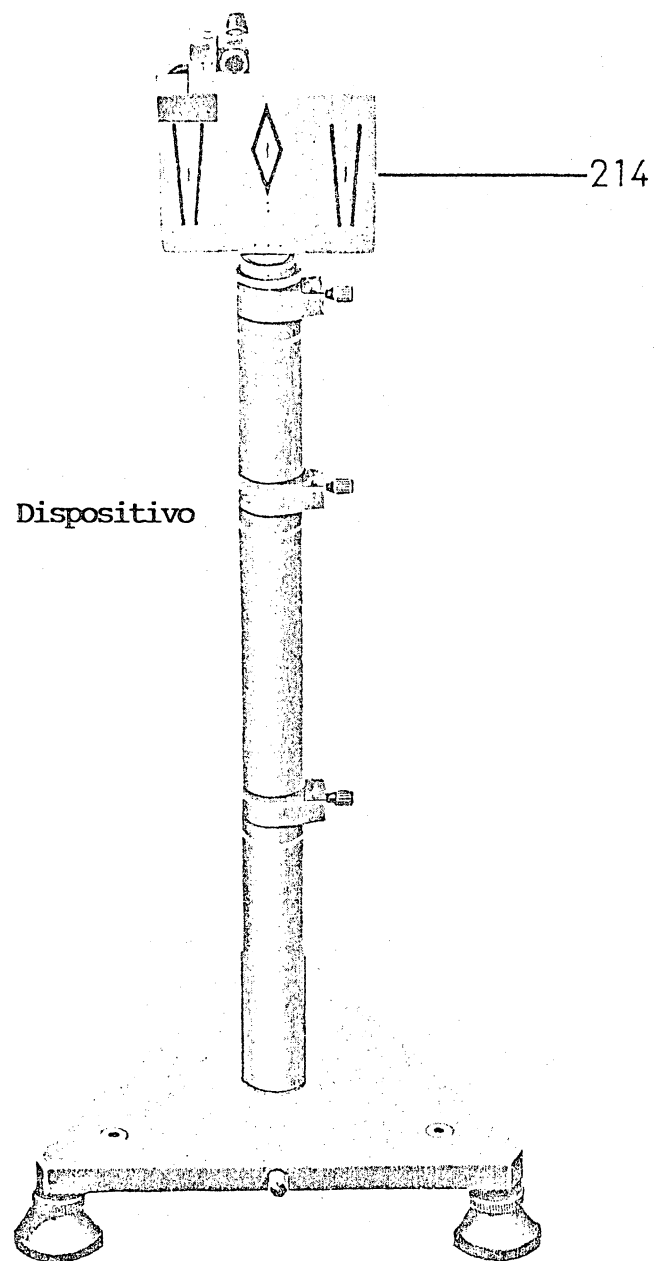
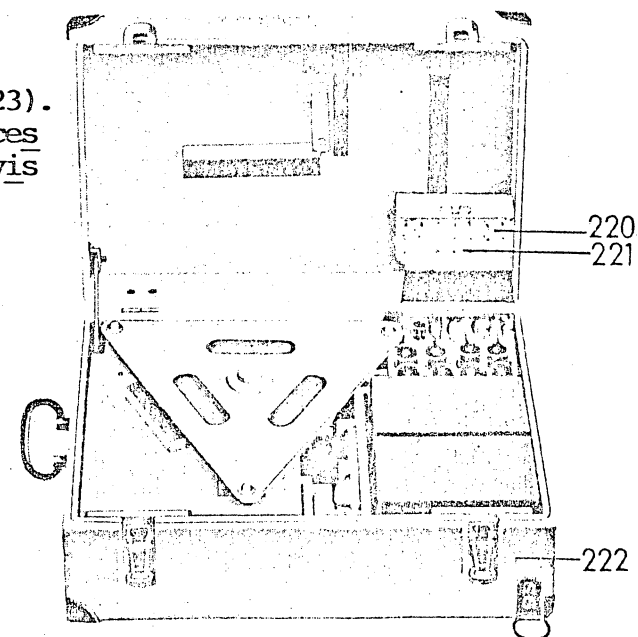


FIGURA (H.22). Theo 002 na sua caixa

FIGURA (H.23).
Caixa de aces-
sórios, vis-
ta I



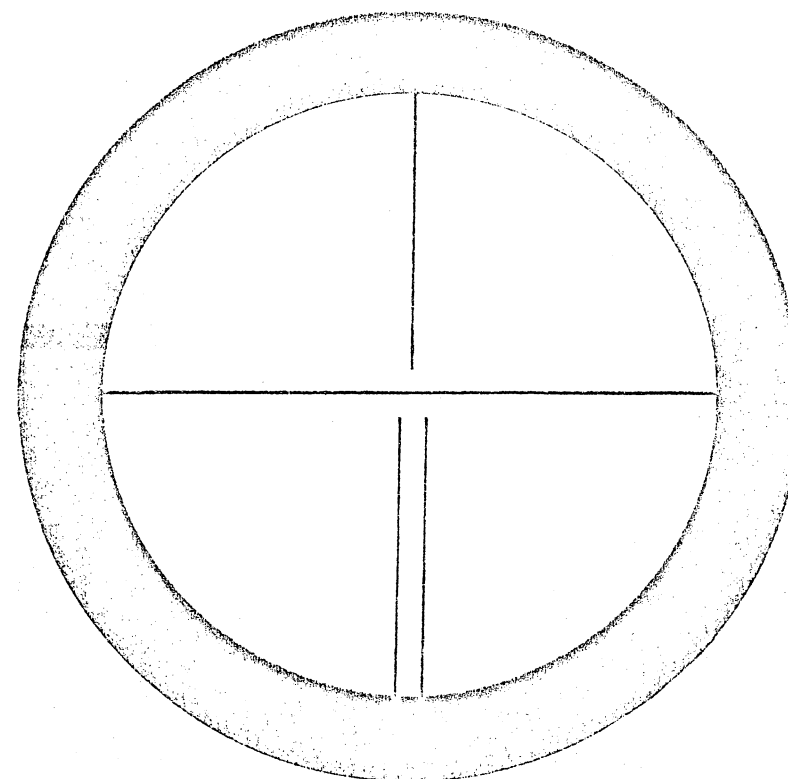
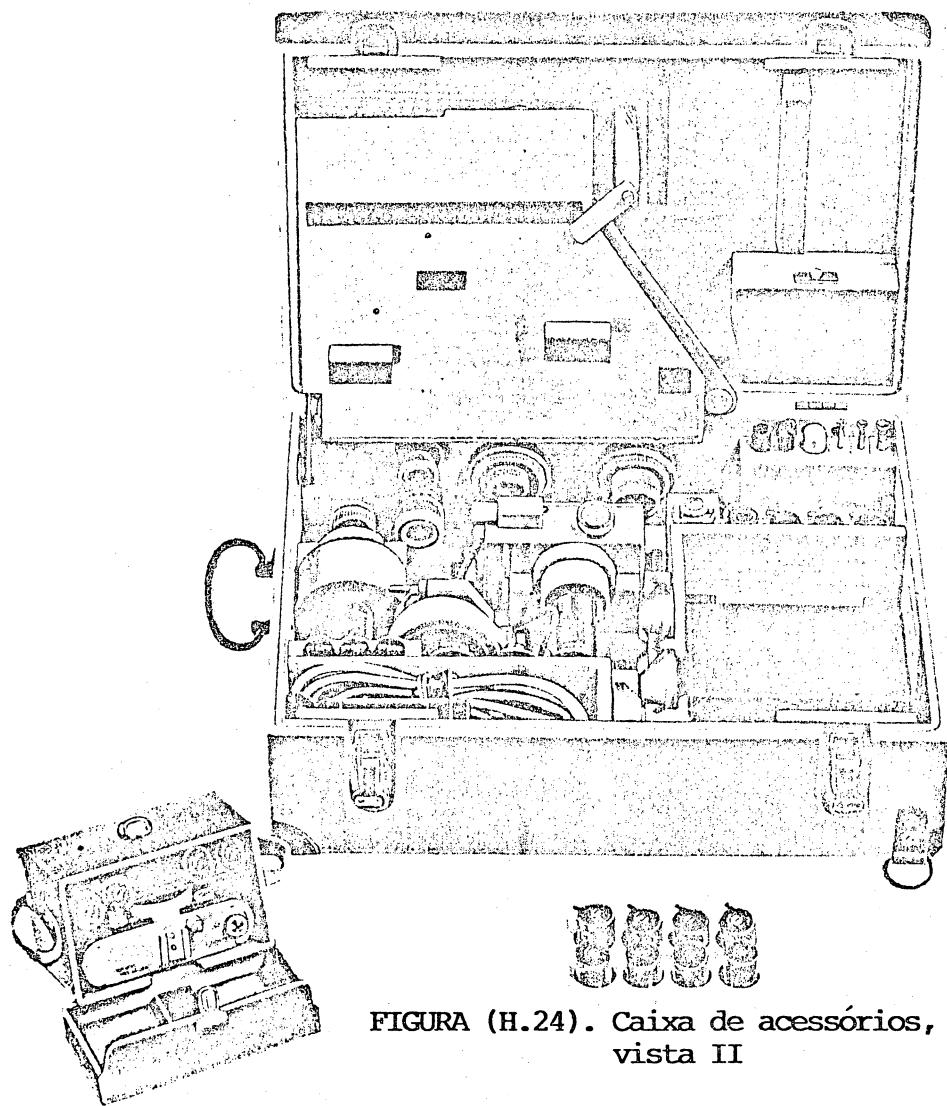


FIGURA (H.25). Reticulado da ocular

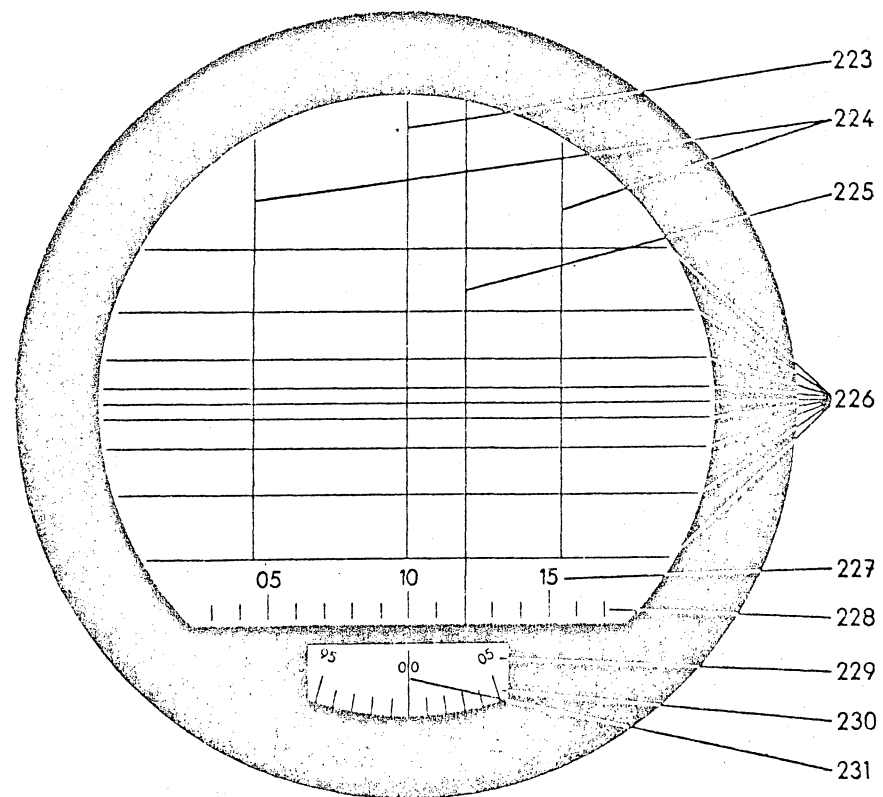


FIGURA (H.26). Reticulado do micrômetro pessoal

LISTA DE REFERÊNCIAS

- 001. Pilar traseiro do teodolito
- 002. Corpo da objetiva do telescópio de observação
- 003. Pilar do teodolito no lado da ocular
- 004. Conjunto do limbo rastreador vertical
- 005. Porta-ocular
- 006. Anel serrilhado da ocular do microscópio de leitura dos limbos vertical e horizontal
- 007. Orifício da barra de transporte
- 008. Tripé
- 009. Pé de sustentação
- 010. Tubuladora para a colocação da câmara fotográfica
- 011. Alidade (parte superior giratória)
- 012. Parafuso de alívio do mancal do eixo horizontal
- 013. Parafuso de alívio do mancal do eixo horizontal
- 014. Conjunto do telescópio de observação
- 015. Telescópio rastreador
- 016. Nível horizontal
- 017. Tampa com tábua de escrever e relógio
- 018. Soquete da lâmpada para a iluminação do limbo horizontal
- 019. Parafuso de nivelamento
- 020. Placa de apoio do instrumento
- 021. Limbo horizontal rastreador
- 022. Anel de focagem do telescópio rastreador
- 023. Alavanca de mudança para o telescópio rastreador
- 024. Lente da objetiva
- 025. Nível de orientação
- 026. Parafuso de ajustagem do nível de orientação
- 027. Espelho do nível
- 028. Soquete da lâmpada para a iluminação do limbo vertical
- 029. Gabinete da lâmpada do (28)
- 030. Botão de deslocamento do limbo vertical
- 031. Admissão da ponte de centragem
- 032. Disco de segurança do deslocamento do limbo vertical
- 033. Alavanca de trava do limbo vertical
- 034. Visor ótico
- 035. Soquete da lâmpada para a iluminação do telescópio de observação e telescópio rastreador.
- 036. Gabinete da lâmpada do (35)
- 037. Alavanca de mudança dos sistemas telescópicos horizontal e vertical

- 038. Reostato de regulagem da iluminação do telescópio de ob
servação e telescópio rastreador
- 039. Corpo do nível horizontal
- 040. Gabinete da lâmpada do (18)
- 041. Reostato de regulagem da iluminação do limbo vertical e
do micrômetro impessoal
- 042. Orifício da barra de transporte
- 043. Trava do parafuso de nivelamento
- 044. Superfície de apoio do parafuso do tripé sobre a chapa
elástica
- 045. Pé da chapa elástica
- 046. Placa de apoio do instrumento
- 047. Botão de deslocamento do limbo horizontal
- 048. Disco de segurança do deslocamento do limbo horizontal
- 049. Pino da tomada para a iluminação do Theo 002
- 050. Tomada para a iluminação do Theo 002
- 051. Letreiro da potência do sistema de iluminação do Theo 002
- 052. Placa elástica
- 053. Placa de apoio do instrumento
- 054. Circunferência serrilhada do limbo rastreador horizontal
- 055. Índice do limbo rastreador horizontal
- 056. Trava do movimento horizontal
- 057. Movimento diferencial horizontal
- 058. Movimento grosseiro horizontal
- 059. Botão para a coincidência dos traços do micrômetro
- 060. Movimento diferencial vertical
- 061. Movimento grosseiro vertical
- 062. Soquete para o cabo de luz
- 063. Tampa do gabinete da lâmpada para a iluminação do limbo
rastreador vertical e do micrômetro impessoal
- 064. Trava do movimento vertical
- 065. Admissão para a ponte central
- 066. Parafuso de trava do porta-ocular e do micrômetro impes
soal
- 067. Anel serrilhado do nível do limbo rastreador vertical
- 068. Nível do limbo rastreador vertical
- 069. Parafuso para a ajustagem do nível do limbo rastreador
vertical
- 070. Ocular para a leitura do limbo rastreador vertical
- 071. Anel serrilhado do microscópio para a leitura do limbo
rastreador vertical
- 072. Botão do movimento diferencial do limbo rastreador verti
cal

- 073. Porca de regulagem do botão (72)
- 074. Capa de cobertura do porta-ocular
- 075. Porca de regulagem do movimento grosseiro vertical
- 076. Porca de regulagem do movimento diferencial vertical
- 077. Microscópio para a leitura dos limbos vertical e horizontal
- 078. Botão de ajuste dos traços do micrômetro
- 079. Porca de regulagem do movimento grosseiro horizontal
- 080. Porca de regulagem do movimento diferencial horizontal
- 081. Letreiro de potência
- 082. Tomada para a conexão do cronógrafo
- 083. Pino da tomada para a conexão do cronógrafo
- 084. Botão de mudança para a leitura dos limbos vertical e horizontal
- 085. Tampa de vedação da tubuladora da câmara fotográfica
- 086. Gabinete da lâmpada do (87)
- 087. Soquete da lâmpada para a iluminação do micrômetro e do limbo rastreador horizontal
- 088. Ocular
- 089. Anel serrilhado para desparafusar a ocular do porta-ocular
- 090. Soquete para a transmissão dos contactos do micrômetro impessoal
- 091. Anel serrilhado da ocular
- 092. Soquete para a conexão da lanterna
- 093. Trava do limbo rastreador horizontal
- 094. Letreiro de potência
- 095. Interruptor da lâmpada (96)
- 096. Lâmpada para a iluminação da tábua de escrever e do relógio
- 097. Parafuso para aparafusar a tampa (17)
- 098. Parafuso para deslocar a grade do diafragma de grade
- 099. Diafragma de grade
- 100. Trava para a imobilização do diafragma de grade sobre a objetiva
- 101. Parafuso para o ajuste do nível horizontal
- 102. Porca da tomada para a conexão da bateria
- 103. Tomada para a conexão da bateria
- 104. Cabo para a conexão da bateria
- 106. Pinos da tomada para a conexão da bateria
- 107. Pinos da tomada para a conexão do cronógrafo
- 108. Cabo para a conexão do cronógrafo
- 109. Tomada para a conexão do cronógrafo
- 110. Porca da tomada para a conexão do cronógrafo

- 111. Pino da tomada do cabo de luz de (112)
- 112. Cabo de luz para a iluminação do micrômetro impessoal
- 113. Botão para o movimento do fio móvel do micrômetro impessoal
- 114. Pino da tomada do micrômetro impessoal para a conexão do cabo de luz
- 115. Ocular do micrômetro impessoal
- 116. Botão para o movimento do fio móvel do micrômetro impessoal
- 117. Ocular do micrômetro impessoal
- 118. Anel serrilhado para desparafusar a ocular do micrômetro impessoal
- 119. Circunferência serrilhada da ocular do micrômetro impessoal
- 120. Pino da tomada do cabo de luz de (112)
- 121. Pino da tomada da lanterna
- 122. Lanterna
- 123. Chave para dar corda ao mecanismo de molas da câmara fotográfica
- 124. Botão de enrolar o filme
- 125. Chave da parede traseira (não visível)
- 126. Câmara fotográfica Robot Recorder
- 127. Disparador
- 128. Alavanca para travar a conexão da câmara (não visível)
- 129. Cabo para a transmissão dos contactos do micrômetro impessoal
- 130. Pino da tomada do cabo de contactos
- 131. Trava da ponte de centragem
- 132. Ponta de centragem
- 133. Ponte de centragem
- 134. Trava da ponte de centragem
- 135. Barra de transporte
- 136. Filme para a câmara fotográfica
- 137. Filme para a câmara fotográfica
- 138. Ocular (aumento de 15 vezes, $f=16,6\text{mm}$)
- 139. Ocular (aumento de 10 vezes, $f=25,0\text{mm}$)
- 140. Ocular para o micrômetro impessoal (aumento de 15 vezes, $f=16,6\text{mm}$)
- 141. Ocular para o micrômetro impessoal (aumento de 10 vezes, $f=25,0\text{mm}$)
- 142. Barra de transporte
- 143. Gabinete da lâmpada para a iluminação da tábua de escrever e do relógio
- 144. Relógio
- 145. Tábua de escrever
- 146. Espelho de iluminação

- 147. Furo rosqueado para o parafuso de fechamento da tampa do (96)
- 148. Imagem da graduação superior
- 149. Numeração do limbo em graus
- 150. Numeração do limbo em minutos
- 151. Denominação da leitura do limbo horizontal
- 152. Numeração do limbo em minutos
- 153. Índice da leitura do micrômetro
- 154. Numeração do micrômetro em minutos
- 155. Escala do micrômetro
- 156. Numeração da escala do micrômetro em segundos
- 157. Janela do micrômetro
- 158. Número de graus invertido
- 159. Imagem da graduação inferior
- 160. Numeração do limbo
- 161. Denominação da leitura do limbo vertical
- 162. Imagem da graduação superior
- 163. Numeração do limbo em minutos
- 164. Numeração do limbo em graus
- 165. Número de graus invertido
- 166. Imagem da graduação inferior
- 167. Índice de leitura do limbo rastreador vertical
- 168. Escala do limbo rastreador vertical
- 169. Numeração do limbo rastreador vertical em graus
- 170. Penta-espelho
- 171. Espelho côncavo do sistema telescópico vertical
- 172. Espelho pendular
- 173. Conjunto de lentes para eliminação da aberração cromática
- 174. Placa com o reticulado
- 175. Objetiva do telescópio rastreador
- 176. Espelho de intercalação do telescópio rastreador
- 177. Limbo vertical
- 178. Limbo horizontal
- 179. Prisma para a estabilização do índice de altura
- 180. Prisma de mudança para a leitura do limbo vertical
- 181. Placa de correção para o deslocamento dos traços do micrômetro
- 182. Prisma divisor para a separação do feixe para a leitura visual e para o registro fotográfico
- 183. Micrômetro de cunha móvel
- 184. Prisma separador

- 185. Nível esférico da ponta de centragem
- 186. Parafuso para o ajuste do nível esférico
- 187. Ponta de centragem
- 188. Admissão em forma de calota esférica para a ponta de centragem
- 189. Placa de centragem
- 190. Pé da placa de centragem
- 191. Grade do diafragma de grade
- 192. Índice para a leitura do deslocamento da grade
- 193. Escala no parafuso do deslocamento da grade
- 194. Tubo do micrômetro impessoal
- 195. Anel para o ajuste do micrômetro impessoal
- 196. Pino da tomada do cabo de luz de (112)
- 197. Tampa da caixa de contactos
- 198. Parafuso para o ajuste do erro de colimação lateral do telescópio com o micrômetro impessoal
- 199. Parafusos de aperto para o ajuste do micrômetro impessoal
- 200. Escova de contacto
- 201. Contacto de medição
- 202. Roda com os contactos
- 203. Contacto para a marcação do contacto zero
- 204. Contacto zero
- 205. Escovas de contactos (não visíveis)
- 206. Guia para a conexão do tubo do micrômetro impessoal
- 207. Anel de aperto
- 208. Colar de apoio com pivô de acoplamento
- 209. Parafuso de ajuste da inclinação da luva de acoplamento
- 210. Parafuso de ajuste do deslocamento da luva de acoplamento
- 211. Trava do pivô de acoplamento
- 212. Parafuso de ajuste do nível esférico
- 213. Nível esférico da ponta de centragem
- 214. Mira do dispositivo de nivelamento
- 215. Alça para a suspensão do cabo de tração
- 216. Chapa-guia
- 217. Alça
- 218. Parte inferior da caixa
- 219. Fecho da alavanca para travar a capota da caixa
- 220. Lâmpadas reservas para a iluminação do limbo rastreador ver
tical
- 221. Lâmpadas reservas
- 222. Caixa de acessórios do Theo. 002

- 223. Fio central fixo do micrômetro impessoal
- 224. Fios limitadores para a faixa de medição $\pm 10'$
- 225. Fio móvel
- 226. Fios de orientação
- 227. Numeração da escala móvel
- 228. Escala grossa
- 229. Numeração da escala de precisão
- 230. Escala de precisão
- 231. Índice de leitura da escala de precisão

APÊNDICE I

FOTOGRAFIAS DA ESTAÇÃO IPEA II COM O ZEISS-JENA THEO 002

